

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma / merenkulkualan insinööri

Teemu Hietaharju

LAIVOJEN PERÄSINRAKENTEET JA -KONEET

Opinnäytetyö 2015

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulku / Merenkulkualan insinööri

Hietaharju, Teemu	Peräsinrakenteet ja -koneet
Opinnäytetyö	52 sivua
Työn ohjaaja	Lehtori Ari Helle
Toimeksiantaja	Merenkulun ja logistiikan painoala; Kyamk
Toukokuu 2015	
Avainsanat	peräsimet, peräsinkoneet, laivat

Opinnäytetyön aiheina ovat laivojen peräsinrakenteet ja peräsinkoneet. Tavoitteena on tehdä selvitys peräsimien rakenteista, peräsintyyppien eroista ja toiminnasta, peräsin-koneiden ja niiden ohjausjärjestelmien toimintaperiaatteista sekä järjestelmien käytös-tä ja huolloista. Myös peräsinvauriot käsitellään lyhyesti.

Opinnäytetyön lähteinä on käytetty alan kirjallisuutta ja lehtiä, laitevalmistajien ma-nuaaleja ja esitteitä, asiantuntijoiden haastatteluja sekä alan verkkojulkaisuja. Lähde-materiaali on ollut pääosin englanninkielistä ja joissakin tapauksissa sitä on jouduttu vapaasti kääntämään suomenkielisten alan termien puuttuessa. Myös kirjoittajan omaa työssä hankittua käytännön tietämystä on hyödynnetty.

Työ on jaettu osiin peräsimen toiminnan kuvauksen, peräsintyyppien ja peräsin-konetyyppien mukaan. Työssä käsitellään nykyään käytössä olevat peräsintyyppit, sekä uusia järjestelmiä, jotka tähtäävät esimerkiksi polttoainetalouden parantamiseen. Pe-räsinkoneiden toimintaperiaatteet, ohjausjärjestelmät sekä huollot käydään työssä läpi.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Marine Technology

Hietaharju, Teemu

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

May 2015

Keywords

Ship Rudders and Steering Gears

52 pages

Ari Helle, Lecturer

Kymi Technology

rudders, steering gears, ships

The subjects of this thesis are rudder structures and steering gears of ships. The objective was to examine the structures of rudders, the differences between rudder types and their function, the working principles of steering gears and their control systems. The operation, maintenance and common faults of rudders and steering gears are also discussed.

Information for the thesis was gathered from literature, manufacturer manuals and technical drawings, specialist interviews, magazines and internet publications. The knowledge of the author, acquired while working on ships, has also been applied.

The thesis is divided to parts according to function description of rudders, types of rudders and types of steering gears. The main focus was on existing conventional rudder systems, whereas azipods and the like were intentionally excluded. Some new developments aimed to decrease fuel consumption are discussed.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1. JOHDANTO	5
2. HISTORIA	5
3. TOIMINTA	7
3.1.1. Peräsimen ja peräsinkoneen toiminnalle asetetut vaatimukset	12
3.1.2. Merikokeet	15
4. PERÄSINTYYYPIT JA -RAKENTEET	15
4.1. Lapioperäsin	15
4.2. Sarviperäsin	17
4.3. Siivekeperäsin	19
4.4. Roottoriperäsin	20
4.5. Roottori- ja siivekeperäsin	21
4.6. Schilling-peräsin	22
4.7. Yhdistetty peräsin-potkurijärjestely	23
4.8. Aluksen keinunnanvaimennus peräsintä käyttäen	25
4.9. Laakerointi ja kiinnitys	25
4.10. Taloudellisuus	28
5. PERÄSINKONETYYPIT	29
5.1. Lineaarisylinteri	29
5.1.1. 2-sylinterinen peräsinkone	30
5.1.2. 4-sylinterinen peräsinkone	30
5.1.3. Aktuaattori	31
5.2. Kiertosylinteri	32
5.3. Hydraulikka- ja ohjausjärjestelmät	34
5.3.1 Suodattimet	40
6. HUOLTO JA KÄYTTÖ	41
6.1. Peräsinvauriot	45

7. LUOKITUKSET	46
8. YHTEENVETO	46
9. LÄHTEET	48
9.1 Kirjalliset lähteet	48
9.2 Aikakauslehdet ja manuaalit	49
9.3 Elektroniset lähteet	49
9.4 Haastattelut	52

1. JOHDANTO

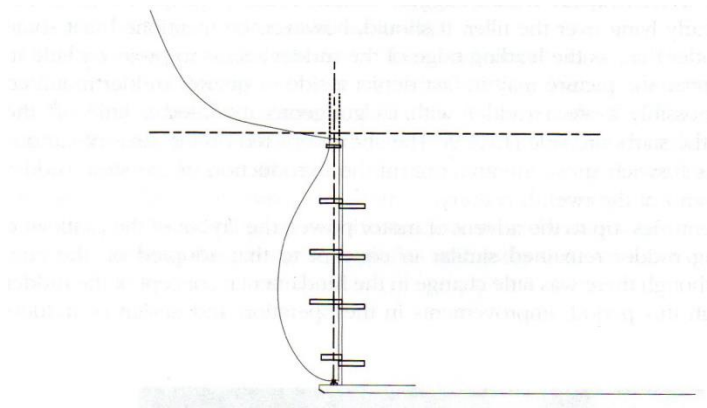
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä perusteellinen selvitys laivoissa käytettävistä peräsimistä ja peräsinkoneista, niiden rakenteista, toimintaperiaatteista, käytöstä ja huollosta. Järjestelmät ovat pysyneet melko yksinkertaisina ja perinteinen potkurivirtaan sijoitettu peräsin on edelleen yleisin ratkaisu laivan ohjailemiseen. Tässä työssä ei käsitellä käännettäviä potkurilaitteita, vaan keskitytään edellä mainittuun perinteiseen peräsinjärjestelyyn.

2. HISTORIA

Laivan ohjailemisen periaate on säilynyt lähes muuttumattomana ensimmäisistä aluksista lähtien, vaikka muilla alueilla kehitys on ollut nopeaa ja muutokset suuria. Noin 3000-luvulla ennen ajanlaskun alkua rakennettiin Egyptissä ensimmäiset merikelpoiset laivat. Laivoja ohjailtiin airoilla, joka oli kiinnitetty reelinkiin tehtyyn loveen tai kylkeen tehtyyn reikään. Nykyisistä peräsimistä poiketen nämä ohjailuairot eivät siis sijainneet laivan perän keskiosassa, vaan laivan kyljen takaosassa. Samoihin aikoihin keksittiin myös purje, jota kuitenkin käytettiin yhdessä airojen kanssa vielä vuosisatoja. (Molland 2007, 3.)

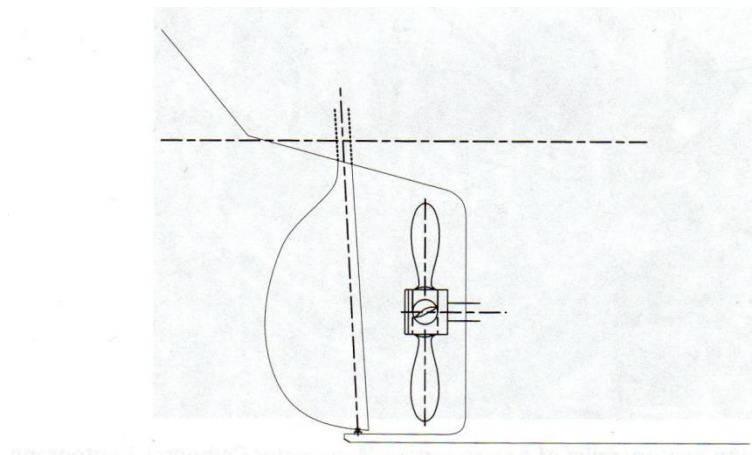
900-luvulla jaa. Euroopassa yleistynyt koggi oli ensimmäinen alustyyppi, jossa käytettiin keskelle laivaa kiinnitettyä ja raudasta tehdyin tappisaranoin varustettua niin sanottua ahteriperäsintä. Tähän mennessä ohjailuairot olivat kehittyneet jo hyvin pitkälle, mutta ilmeisesti laivojen suurentunut koko ja saranoissa käytettävän raudan helppo saatavuus johtivat uuden saranaperäsimen yleistymiseen. Ohjailuairot olivat myös uutta peräsintyyppiä vaurioherkempiä. Uusi peräsintyyppi aiheutti aluksi ongelmia käyttäjilleen. Laivojen runkojen muotoja oli muutettava, jotta peräsimelle riittäisi virtausta. Suurempi ongelma oli kuitenkin se, että peräsin ei ollut tasapainoinen, jolloin peräsinvarsi kehitti suuria vääntömomenteja ja peräsimen kääntelyyn tarvittiin paljon voimaa. Tästä syystä käytettiin pitkiä peräsinvarsia ja niihin kiinnitettyjä vipuvarsia. Vipubarret kuitenkin rajoittivat kulmia, joihin peräsin voitiin kääntää. 1700-luvulla nämä menetelmät korvattiin ruorilla ja siihen kytketyillä köysi ja talja -systeemeillä, jolloin vääntömomenttiongelma ratkesi. Nykyään käytössä olevat järjestelmät perustuvat samaan periaatteeseen, mutta ne ovat mekaanisesti avustettuja. Tappisaranaperäsin oli käytössä purjelaivakauden loppuun saakka. Sitä kuitenkin kehitettiin edelleen ja sen ominaisuuksia tutkittiin. Käytännön havaintoihin kuului muun muassa se, että

peräsin lakkasi toimimasta ruorikulman ollessa liian suuri (noin 40°) ja tämä johti suosituksiin ruorikulman rajoittamisesta 33 asteeseen. (Molland 2007, 4–8.)



Kuva 1. Purjelaivan peräsin. (Molland 2007, 8)

Kun peräsimen eteen istutettiin höyrylaivan potkuri, oli vanhaa tappisaranarakennetta pakko muuttaa. Peräsimet olivat ala- ja yläpäistään laakeroituja. Tähän rakenteeseen nykyisten dieselkäyttöisten laivojen peräsimet pohjautuvat. Uusi propulsiojärjestelmä lisäsi peräsinten toimintaan liittyvää tutkimusta. 1950-luvulla uudet edistysaskeleet lentokoneiteollisuudessa entisestään paransivat ymmärtämystä myös laivojen peräsinten toiminnasta. Myös sukellusveneiden kehitys edisti peräsinten ja evävakainten kehitystä. (Molland 2007, 9–10.)



Kuva 2. Varhaisen moottorialuksen peräsin (Molland 2007, 8). Vastaavaa peräsinrakennetta käytetään edelleen pienissä ja hitaissa aluksissa sen yksinkertaisuuden ja edullisuuden vuoksi (Becker marine systems product range 2013, 35).

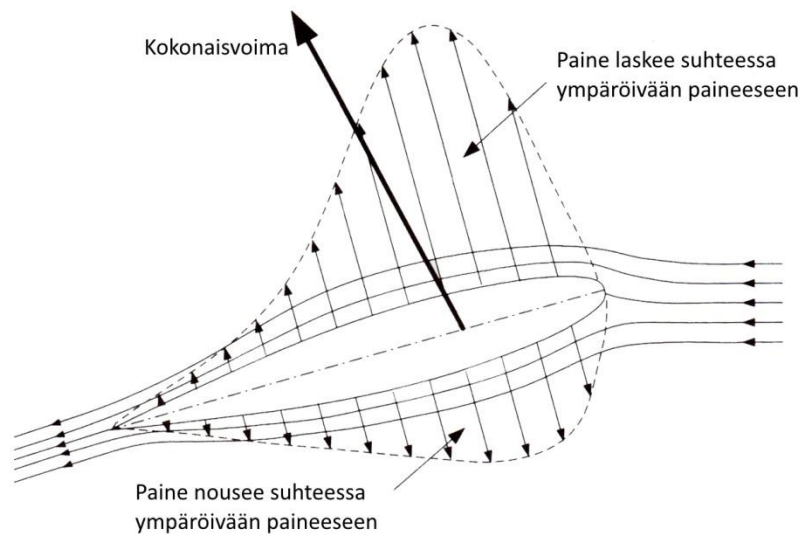
3. TOIMINTA

Peräsimen tehtävä on toimia liikkuvana ohjainpintana ja tuottaa voima, jolla voidaan ohjata laivaa. Peräsin on sijoitettu potkurin taakse niin, että se ohjaa potkurin tuottamaa virtausta. Veden on siis virrattava potkurin ohi, jotta sillä voidaan ohjailla laivaa. Peräsin myös tekee laivasta suuntavakaan merenkäynnissä, eli se pienentää aluksen taipumusta mukailla meren liikkeitä. Jos peräsin ei yksin riitä tähän, tarvitaan ylimääräisiä eviä tai skegi. Skegi on rungon pohjassa peräsimen edessä oleva kiinteä rakenne, joka parantaa suuntavakavuutta. (Räisänen 1997, 11:9–10.) Peräsimen on pystyttävä tuottamaan riittävästi sivuttaisvoimaa, jotta alus pysyy kurssissa ja kurssi on muutettavissa erilaisissa matkanopeuksissa, sekä mahdollistettava aluksen ohjailu myös hitaammissa nopeuksissa. Peräsimen tehokkuus näissä tehtävissä riippuu aluksen suuntavakavuudesta. Aluksen suuntavakavuudella tarkoitetaan sen taipumusta palata viivasuoralle kurssille, josta esimerkiksi tuuli tai aallot ovat sen siirtäneet pois, vaikka uusi kurssi ei olisikaan sama kuin alkuperäinen. Korkea suuntavakavuus tarkoittaa, että laiva pysyy hyvin kurssissa, mutta kurssin muuttaminen onnistuu huonosti. Matala suuntavakavuus taas tarkoittaa, että alus pitää kurssinsa huonosti mutta alusta on helppo ohjailla. Tästä johtuen suuntavakavuuden suhteen on yleensä, aluksen käyttötarkoitus huomioon ottaen, tyydyttävä kompromissi näiden kahden ominaisuuden välillä. Esimerkiksi satamissa toimivissa huoltoaluksissa hyvä ohjailukyky on tärkeä, kun taas pitkille merimatkoille suunnitellussa rahtilaivassa kurssissa pysymistä tarvitaan enemmän. Huono suuntavakavuus on ei-toivottu ominaisuus, sillä kurssissa pysymiseksi peräsin on käännettävä usein. Aluksen suuntavakavuuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten rungon muoto, syväys, trimmi ja skegi. Kapeammat rungot ovat suuntavakaampia. Trimmillä tarkoitetaan eroa keula- ja peräsyväyden välillä, aftertrimmi parantaa suuntavakavuutta. (Molland 2007, 57.)

Laivan liikkeessä eteenpäin potkurin läpäisemän virtauksen nopeus kiihtyy ja virtaus alkaa pyöriä. Tämä potkurin aiheuttama virtauksen pyörintäliike ja kiihtyminen vaikuttaa peräsimelle saapuvan virtauksen nopeuteen ja ominaisuuksiin sekä säätelee peräsimen kehittämiä voimia ja momentteja. Näistä voimista voidaan selvittää, miten alus käyttäytyy merellä ja miten sitä voidaan ohjailla. Peräsin myös kääntää ja haittaa hieman potkurille tulevaa virtausta. Tämä vaikuttaa potkurin kehittämään työntövoi-

maan. Samaan tapaan potkuri-peräsinyhdistelmä vaikuttaa rungon aiheuttamiin sivuttaisvoimiin. (Molland 2007, 45.)

Peräsimen aiheuttaman voiman suuruus riippuu sen muodosta, paikasta, potkurin sijoituksesta ja laivan rungon muodosta. Kun peräsimen kulmaa virtaukseen nähden muutetaan, syntyy sen ympärille sirkulaatio, joka kiihdyttää virtausta toisella puolella ja hidastaa virtausta toisella. Hidastuneen virtauksen puolella paine kasvaa, ja sitä kutsutaan painepuoleksi. Kiihtyneen virtauksen puolella paine laskee, ja sitä kutsutaan imupuoleksi. Paine-ero saa aikaan peräsimen nostovoiman, eli sivuttaistyöntövoiman. (Räisänen 1997, 11–10.)

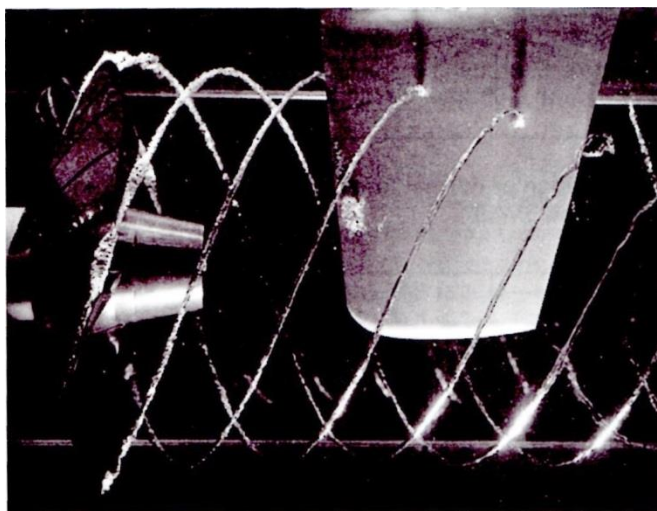


Kuva 3. Peräsimen paine- ja imupuolet (Molland 2007, 36).

Peräsimen toimintaan vaikuttavat myös muut kuin edellä mainitut tekijät. Näitä ovat muun muassa sakkaus, kavitaatio ja ilmapuoto. Sakkauksella tarkoitetaan tilannetta, jossa peräsin menettää kykynsä ohjata potkurin tuottamaa virtausta. Ilmiö johtuu siitä, että peräsimen kulma suhteessa laivan pituusakseliin on liian suuri. Tätä kulmaa kutsutaan sakkaukskulmaksi. (Räisänen 1997, 11–13.) Kavitaatio tarkoittaa tilannetta, jossa paine nesteessä laskee alle sen höyrystymispaineen. Se on mahdollista veteen upottujen kappaleiden pinnoilla, joissa veden paine laskee, esimerkiksi peräsimen imupuolella ja pyörivän potkurin lavoissa. Kavitaatiossa muodostuu höyrykuplia, jotka romahtavat kulkeutuessaan potkurivirran mukana korkeamman paineen alueelle. Tä-

mä aiheuttaa kulumista peräsimissä ja potkureissa. Kavitaatio häiritsee myös virtausta peräsimen ohi ja heikentää samalla peräsimen muodostamaa nostevoimaa. Kavitaatiosta aiheutuu kuplien romahtaessa myös melua sekä mahdollisesti tärinän voimistumista. Tämän johdosta peräsimet pyritään muotoilemaan siten, että kavitaatiota esiintyisi mahdollisimman vähän. (Molland 2007, 200.) Myös potkurin aiheuttama kavitaatio voi kuluttaa peräsintä. Esimerkiksi potkurin lapojen aiheuttamat kärkipyörteet, jotka ovat keskiosastaan matalammassa paineessa kuin ympäröivä vesi, voivat jatkaa matkaansa peräsimeen asti ja romahtaa sitä vasten. (Molland 2007, 203.) Monet uudet peräsininnovaatiot tähtäävät juuri kavitaation vähentämiseen tai jopa eliminoimiseen, koska tämä tuottaa säästöjä polttoainekuluissa ja huoltokustannuksissa. (Marine propulsion June/July 2009.) Erityisesti suurissa ja nopeissa aluksissa kuten konttilaivoissa peräsimen kuluminen kavitaation seurauksena on ollut ongelma. Tätä on yritetty ehkäistä suojaamalla kavitaatiolle alttiita osia ruostumattomasta teräksestä tai stelliitistä valmistetuilla levyillä, mutta tämä ei ole osoittautunut kovin toimivaksi ratkaisuksi. Suojalevyt vaativat myös huoltoa läpi aluksen elinkaaren. Asiantuntijat suosittelevat tietokone- ja pienoismallien hyödyntämistä alusten suunnittelussa, jotta kavitaatio voitaisiin minimoida jo ennalta. (Marine propulsion February/March 2008, 113.)

Ilmavuoto on samantyyppinen ilmiö kuin kavitaatiokin, sillä erotuksella, että siinä ilmakuplat imeytyvät pinnalta veteen (Molland 2007, 36). Ilmavuoto on melko harvinainen ongelma laivojen peräsimissä (Räisänen 1999, 11–13). Jos peräsinlehti ulottuu vesirajan yläpuolelle, esimerkiksi aluksen ollessa painolastissa, saattaa ilmavuotoa esiintyä (Molland 2007, 36).



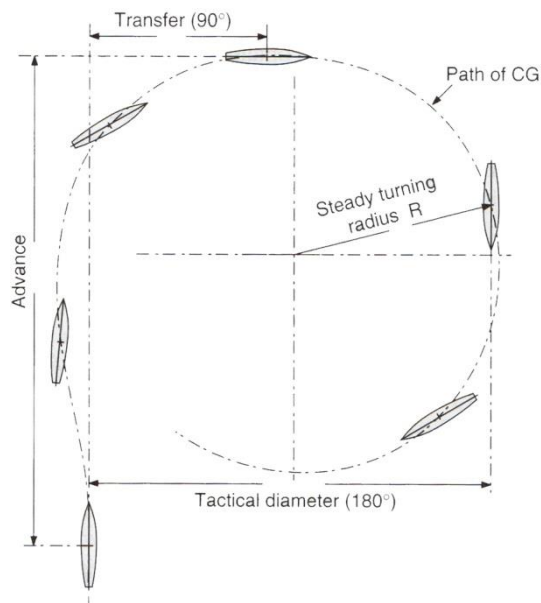
Kuva 4. Kavitoivan potkurin lapojen aiheuttamat kärkipyörteet osuvat peräsimeen (Molland 2007, 203).

Peräsimet voidaan jakaa tasapainoisiin, puolitasapainoisiin ja tasapainottomiin. Tasapainoisuudella tarkoitetaan sitä, missä kohdassa peräsinakseli on peräsinlehteen nähden sivulta katsottuna. Tasapainoisuus vaikuttaa myös siihen, kuinka suuren vääntömomentin peräsin kehittää ja kuinka suuri peräsinkone tarvitaan. Mitä tasapainoisempi peräsin on, sitä pienempi momentti ja siten myös peräsinkone. Peräsimen aiheuttaman voiman keskus muuttuu sitä käännettäessä, joten peräsimen tasapainoisuus on vain suuntaa-antava termi. (Molland 2007, 16.)

Ohjailtavuuden määrittämiseksi voidaan tehdä seuraavia kokeita:

Ympyräkoe

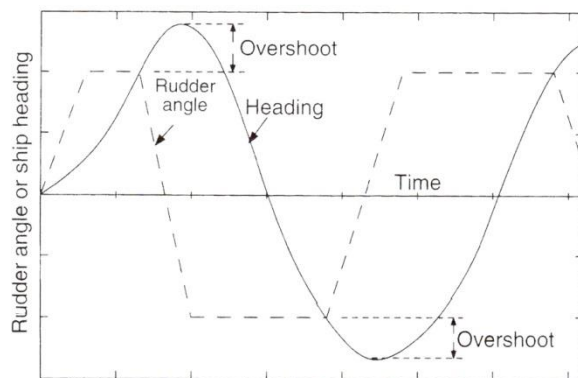
Koe suoritetaan kääntämällä peräsin ääriasentoonsa, esimerkiksi paapuuriin, odotetaan että alus asettuu tasaiseen kääntymisliikkeeseen ja pidetään siellä kunnes alus on tehnyt täyden ympyrän. Mittaamalla kuvassa näkyvät suureet sekä aluksen nopeus ja kallistuskulma voidaan arvioida aluksen kääntymiskykyä sekä peräsimen tehokkuutta. (Molland 2007, 61.)



Kuva 5. Ympyräkoe (Molland 2007, 61).

Siksakkikoe

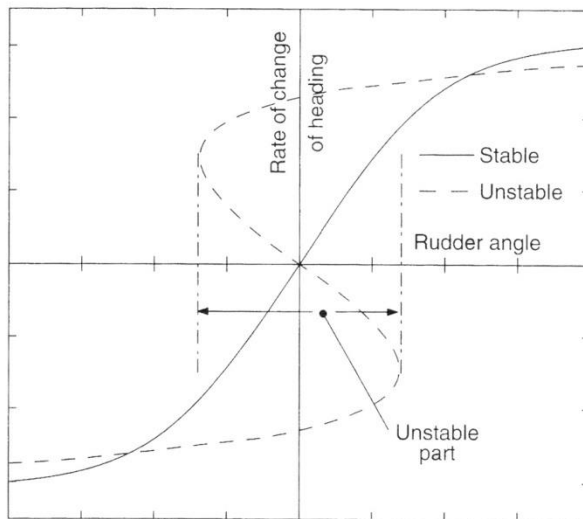
Tätä testiä käytetään arvioimaan, kuinka hyvin alus vastaa ruoriin. Aluksen kulkiessa suoraan peräsin käännetään 20 astetta sivulle. Kun laivan suuntima on muuttunut 20 astetta, peräsin käännetään 20 astetta vastakkaiselle puolelle. Kun suuntima on muuttunut 20 astetta, peräsin käännetään taas 20 astetta toiselle puolelle, ja niin edelleen. Testissä kiinnitetään huomiota suuntiman muutoksen nopeuteen peräsimen kääntämisen jälkeen sekä overshoot-kulmaan, ja tuloksia voidaan verrata muihin aluksiin. (Molland, 2007, 62.)



Kuva 6. Siksakkikokeen kaavio. (Molland 2007, 62).

Spiraalikoe

Testiä käytetään aluksen suuntavakavuuden arvioimiseen. Peräsin käännetään 15 astetta toiselle puolelle, minkä jälkeen odotetaan, että alus asettuu tasaiseen kääntymisliikkeeseen. Tämän jälkeen kulmaa pienennetään 10 asteeseen ja sama toistetaan. Tätä jatketaan kunnes peräsin on käännettynä 15 astetta vastakkaiselle puolelle aloitus-suunnasta. Tuloksista piirretään kaavio aluksen suunnan muutoksen ja peräsinkulman suhteen. Kaaviosta voidaan päätellä, onko alus suuntavakaa vai ei. (Molland 2007, 62.)



Kuva 7. Spiraalikokeen kaavio (Molland 2007, 63).

3.1.1. Peräsimen ja peräsinkoneen toiminnalle asetetut vaatimukset

Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) yleissopimus Safety of Life at Sea (Solas) on laaja kokoelma alusten turvallisuuden parantamiseksi suunniteltuja toimenpiteitä.

Peräsinkoneille Solas asettaa muun muassa seuraavia vaatimuksia:

1. Laivoissa on oltava pää- ja varaperäsinkone, eikä toisen toimintahäiriö saa vaikuttaa toisen toimintaan. Varaperäsinkonetta ei tarvita, jos pääperäsinkoneen hydraulikkayksikkö on kahdennettu ja putkisto suunniteltu niin, että putkirikon sattuessa vuotava putki voidaan nopeasti eristää muusta järjestelmästä ja aluksen ohjailukyky säilyy. Tankkereissa pääperäsinkoneen hydraulikkayksiköiden on oltava kahdennettuja.
2. Laivan peräsinkoneen on pystyttävä ohjailemaan laivaa sen maksiminopeudella ja samalla (suurimmassa lastisyväydessä) pystyttävä alle 28 sekunnissa kääntämään peräsin 35 asteen kulmasta 30 astetta vastakkaiselle puolelle.
3. Peräsinkoneet on voitava kytkeä päälle komentosillalta. Sähkön syötön katkeamisen mihin tahansa peräsinkoneen hydraulikoneikkoon on aiheutettava hälytys komentosillalla. Koneikoiden on myös käynnistytävä uudelleen itsestään virran palautuessa. Käytännössä tämä tarkoittaa yleensä sitä, että toinen peräsinkone saa virransyöttönsä aluksen hätätaulusta.

4. Peräsinkonetta on pystyttävä ohjailemaan sekä komentosillalta että peräsinkonehuoneesta. Jos laivassa on kahdennetut peräsinkoneen hydraulikoneikot, on komentosillalla oltava kaksi toisistaan riippumatonta ohjausjärjestelmää (tämä ei kuitenkaan tarkoita kahta ruoria).

5. Hydraulikkajärjestelmän suunnittelupaineen on oltava vähintään 1.25 kertaa suurempi kuin järjestelmän toimintapaineen. Järjestelmässä on oltava varoventtiilit sellaisissa osissa, jotka voidaan eristää, ja joihin voi kehittyä paine joko pumppujen kehittämänä tai ulkoisten voimien johdosta. Hydraulikkakoneikot on varustettava suodattimilla, jotta öljy pysyi puhtaana. Hydraulioöljysäiliöissä on oltava pinnankorkeuden alarajahälytykset ja niistä on tultava tieto komentosillalle ja konevalvomoon. Peräsinkonehuoneessa on oltava öljysäiliö, josta peräsinkoneen hydraulikkajärjestelmä voidaan nopeasti täyttää, ja siinä on oltava riittävästi öljyä ainakin yhteen täyttökertaan. (McGeorge 1995, 312–313.)

6. Komentosillalle ja konehuoneeseen on asennettava indikaattorit, jotka ilmaisevat peräsinkoneiden sähkömoottoreiden ja pumppujen olevan toiminnassa. Peräsinkoneessa on oltava oikosulkusuoja ja ylikuormahälytys. Jos peräsinkone toimii kolmivaihevirralla, on vaiheen toimintahäiriöstä tultava hälytys. Näiden hälytysten on näytävä ja kuuluttava konehuoneeseen. (Solas 2014, Regulation 30). Hälytykset tulevat yleensä konehuoneen valvontajärjestelmään.

7. Peräsinkonehuoneesta on oltava kommunikaatioyhteys komentosillalle. Komentosillalla ja peräsinkonehuoneessa on oltava näyttö, josta näkyy peräsimen kulma. Tämän järjestelmän on oltava erillään peräsimen ohjausjärjestelmästä. (Solas 2014, Regulation 29, 10–11)

Lisäksi muun muassa matkustajalaivoille ja tankkereille on tarkempia vaatimuksia. Hydraulikkajärjestelmän koostuessa kahdesta tai useammasta samanlaisesta hydraulikkakoneikosta (tässä viitataan power packiin, eli käytännössä pumppuun ja sen apulaitteisiin) on sen täytettävä seuraavat vaatimukset:

Matkustajalaivan peräsinkoneen on pystyttävä edellä mainitussa kohdassa 2 kuvailtuun toimintaan minkä tahansa hydraulikkakoneikon ollessa pois käytöstä.

Rahtilaivan peräsinkoneen on pystyttävä kohdassa 2 kuvailtuun toimintaan kaikkien hydraulikkakoneikkojen ollessa käynnissä.

Tankkerin peräsinkoneen oltava siten järjestelty, että yksittäinen vika putkistossa tai hydraulikkakoneikossa voidaan eristää niin, että ohjailukyky säilyy tai voidaan palauttaa nopeasti. (IMO, 2001, 111.) Lisäksi kaikkien yli 10 000 gt tankkereiden ja kaikkien yli 70 000 gt muiden laivojen peräsinkoneissa on oltava vähintään kaksi hydraulikkakoneikkoa, joista jokainen täyttää edellä mainitut vaatimukset. Niin ikään yli 10 000 gt tankkereiden peräsinkoneissa myös peräsintä kääntävä järjestelmä (eli lineaari- tai kiertosylinterit) on oltava kahdennettu siten, että toisen toimintahäiriö ei estä laivan ohjailua. (IMO 2001, 113.)

Solaksessa ohjeistetaan kattavasti myös peräsinkoneiden testaamisesta ja niiden käyttöön liittyvistä harjoituksista. Laivan peräsinkone on tarkastettava ja testattava 12 tunnin sisällä ennen lähtöä. Testit käsittävät, järjestelmän rakenteesta riippuen, pää- ja apuperäsinkoneet, peräsinkoneen ohjausjärjestelmät, komentosillan ohjaimet, hätätillannesähkönsyötön, ruorikulmanosoittimet suhteessa peräsimen todelliseen asentoon, ohjausjärjestelmän ja peräsinkoneen sähkönsyötön katkeamishälytykset, automaattiset eristystoiminnot sekä muut automaatiojärjestelmät. Myös peräsimen täysi liikerata tulee testata, tarkistaa silmämääräisesti peräsinkone ja sen liitokset ja rakenteet, sekä testata kommunikaatioyhteys peräsinkonehuoneen ja komentosillan välillä. Jos alus on vakituksessa liikenteessä ja merimatkat lyhyitä, voidaan tarkastukset ja testaukset tehdä kerran viikossa. Peräsinkonehuoneessa ja komentosillalla on oltava yksinkertaiset kaaviokuvat, joista selviää käytössä olevien ohjausjärjestelmien ja pumppujen vaihtamiseen vaadittavat toimenpiteet. Edellä mainittujen rutiinitarkastusten lisäksi hätäohjailuharjoituksia on järjestettävä kolmen kuukauden välein. Harjoitusten täytyy kattaa peräsinkoneen ohjailu peräsinkonehuoneesta paikallisesti, toiminta yhdessä komentosillan kanssa, sekä, jos mahdollista, hätäsähkönsyöttö. Harjoituksista on pidettävä kirjaa. (Solas 2014, Regulation 26)

3.1.2. Merikokeet

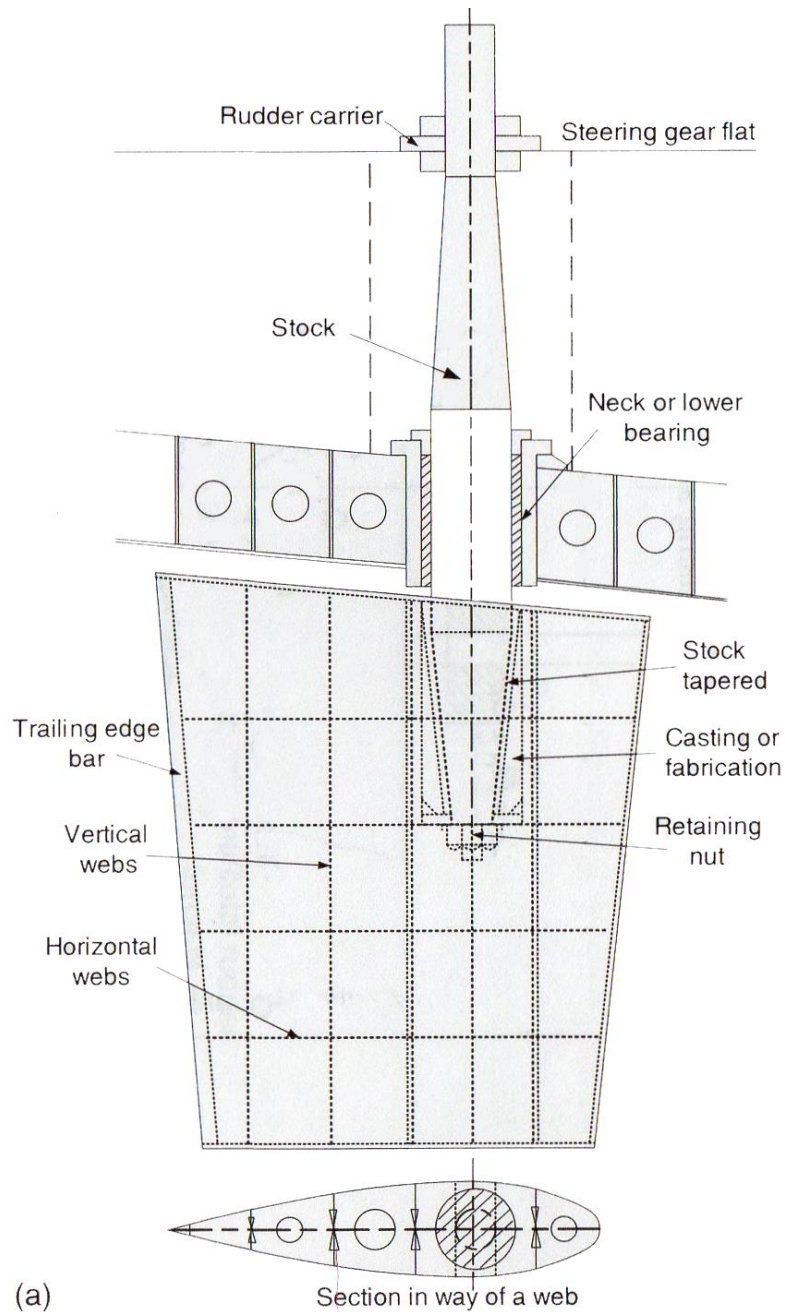
Luokituslaitos määrittää myös uusille aluksille tehtävät merikokeet, joissa varmistetaan että laitteisto täyttää sille asetetut vaatimukset myös käytännössä (GL VI-11-3, 2012, 5). Kokeissa varmistetaan peräsinkoneen toimivan oikein sekä paikallisesti peräsinkonehuoneesta käytettynä, että kauko-ohjauksella komentosillalta. Merikokeissa tehdään myös edellä mainitut ohjailtavuustestit (ympyrä-, spiraali- ja siksakkikokeet) sekä Williamsonin käännös. Näiden tuloksista tehdään ohjetaulu komentosillalle. (GL VI-11-3, 2012, 6)

4. PERÄSINTYYPIT JA -RAKENTEET

Yhteistä eri peräsintyypeille on, että ne ovat onttoja, hitsattuja rakenteita, jotka on vahvistettu sisäpuolisin jäykkäjiin. Peräsimen toisen puolen levyt voidaan hitsata sisältäpäin kiinni jäykkäjiin, mutta toinen puoli on hitsattava ulkoapäin. Tämän voi yleensä todeta tarkastelemalla peräsintä ulkoapäin esimerkiksi aluksen ollessa kuivatelakalla. (Verosaari 2015.)

4.1. Lapioperäsin

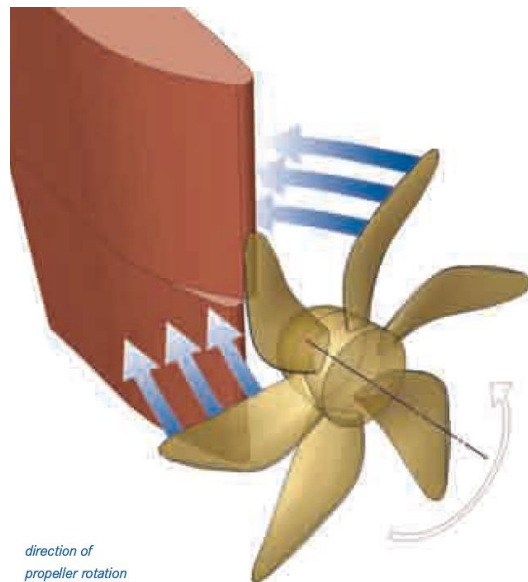
Lapioperäsin, englanniksi spade rudder, on tasapainoinen peräsin, joka kääntyy kokonaan. Peräsinakseli on laakeroitu kahdella laakerilla laivan runkoon. Koska peräsinakseli kantaa kaikki taivutus- ja vääntömomentit, sen on oltava paksu. Tämän johdosta myös peräsin on muita peräsintyyppiejä paksumpi. Lapioperäsin on laajalti käytetty yksi- ja kaksipotkurisissa laivoissa ja veneissä: jahdeissa, matkustaja-autolautoissa, sota-aluksissa, sekä joissakin suurissa rahtilaivoissa. (Molland 2007, 14.) Tätä peräsintyyppiä käytetään harvoin jääluokitetuissa laivoissa (Räisänen 1997, 11–13).



Kuva 8. Lapioperäsimen rakenne ja laakerointi. Peräsin kiinnittyy peräsinakseliin kartioliitoksella ja mutterilla (retaining nut). Painelaakeri (carrier bearing) kantaa peräsimen painon, alempi laakeri (neck bearing) ottaa vastaan peräsimen aiheuttamat sivuttaisvoimat. (Molland 2007, 325).

Peräsinvalmistaja Becker on kehittänyt lapioperäsintä edelleen ja nimennyt uudelleen muotoillun peräsinlehden twisted leading edge -peräsimeksi. Tässä peräsimessä on etureunassa viisteet, jotka vähentävät peräsimestä johtuvaa kavitaatiota ja peräsimen aiheuttamaa tehohäviötä. Viisteet vastaavat potkurin pyörimissuuntaa ja parantavat aluksen ohjailua sekä matkanopeudessa (pienemmät korjausliikkeet riittävät kurssissa pysymiseen) että matalissa nopeuksissa (peräsin ei sakkaa niin helposti). Twisted lea-

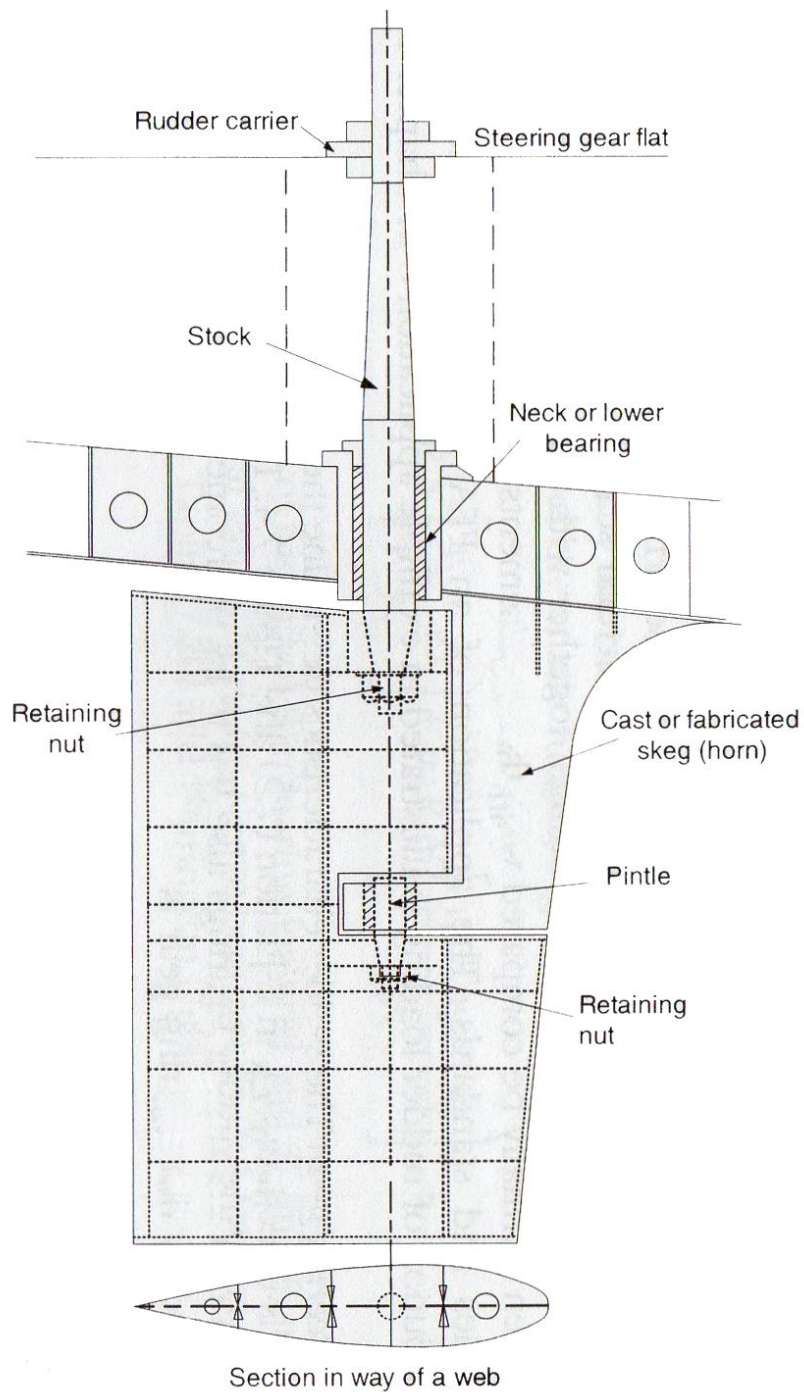
ding edge -peräsimiä käytetään lähinnä suurissa rahtialuksissa. (Marine propulsion December/January 2008/2009.)



Kuva 9. Twisted leading edge -peräsimen toimintaperiaate (Becker Marine Systems, 2015).

4.2. Sarviperäsin

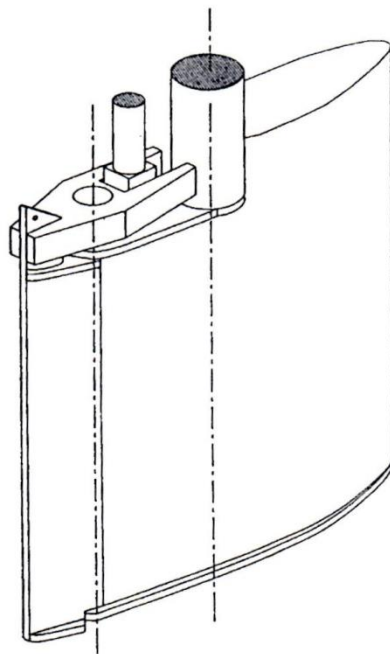
Sarviperäsin, englanniksi horn rudder tai mariner rudder, on kuten lapioperäsin, mutta peräsimen etupuolella laivan rungosta ulkonee kiinteä rakenne, jota kutsutaan sarveksi. Sarvi ulottuu joko peräsinlehden puoliväliin tai alaosaan asti. Sarven päässä on tappi ja laakeri peräsinä varten. Tämä rakenne pienentää peräsinakseliin kohdistuvia rasituksia verrattuna lapioperäsimeen. (Molland 2007, 14.) Kiinteä osa myös parantaa peräsimen nostovoimaa ja aluksen suuntavakavuutta (Räisänen 1997, 11–13). Peräsinlehden alaosaan asti ulottuvia sarvia käytetään lähinnä purjeveneissä tai sukellusveneiden ohjainpinnoissa. Puoliväliin ulottuvalla sarvella toteutettu puolitasapainoinen peräsin on yleinen erikokoisissa yksi- ja kaksipotkurisissa rahtilaivoissa sekä sotaluoksissa. (Molland 2007, 14.)



Kuva 10. Sarviperäsimen rakenne ja laakerointi. Peräsin kiinnittyy peräsinakseliin ja sarven (sprog) tappiin kiinnitysmutterein (kuvassa retaining nut). Tappi (pintle) on laakeroitu sarveen. Muuten peräsinakselin laakerointi muistuttaa lapioperäsintä. (Molland s. 15.)

4.3. Siivekeperäsin

Siivekeperäsimessä, englanniksi flap rudder, on takareunassa läppä, jota kääntämällä saadaan lisää nostetta, erityisesti matalilla nopeuksilla. Läppä nopeuttaa virtausta peräsimen painepuolella ja se ohjautuu tehokkaammin sivulle. Tämä parantaa aluksen kääntymistä. (Räisänen 1997, 11–14.) Siiveke myös mahdollistaa suuremman ruorikulman ilman että peräsin sakkaa (Molland 2007, 338). Läppä voi toimia joko mekaanisesti tai hydraulisesti. Läppää lukuun ottamatta siivekeperäsin muistuttaa muuten rakenteeltaan lapiotai sarviperäsinä. (Räisänen 1997, 11–14.) Siivekkeen toimintamekanismi voi olla joko avoin (kuten kuvassa 11) tai peräsimen sisään koteloitu (kuten kuvassa 12), jolloin se on suojassa merivedeltä. Avoin toimintamekanismi on alttiimpi vaurioille, mutta helpompi huoltaa. (Marine propulsion, 2013, 66.) Jos siiveke lakkaa toimimasta, aluksen ohjailu vaikeutuu huomattavasti. Siivekeperäsimen peräsinlehti on toimintaa tehostavan läpän ansiosta mitoitettu pienemmäksi kuin esimerkiksi tavallisen lapioperäsimen, joten ilman läppää sen pinta-ala ei riitä aluksen ohjailuun. (Verosaari, 2015)



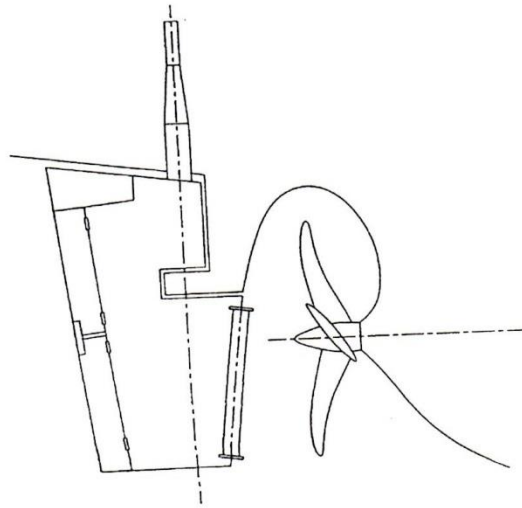
Kuva 11. Siivekeperäsimen rakenne. Kuvan peräsimessä siiveke on mekaaninen, ja sillä on kiintopiste rungossa. Siiveke kääntyy suhteessa peräsimen kääntymiseen. (Räisänen 11–14.)



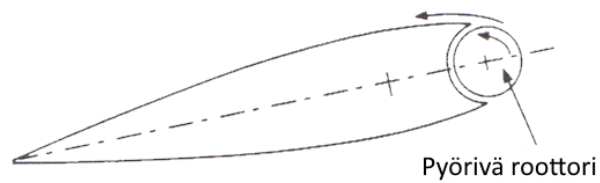
Kuva 12. Siivekeperäsin irrotettuna. Myös tässä peräsimessä siiveke on mekaaninen, mutta se on koteloitu peräsimen rungon sisään. (Langh ship, 2014)

4.4. Roottoriperäsin

Roottoriperäsimen (rotor rudder) etureunaan on asennettu pyörivä roottori. Roottori siirtää liike-energiaansa imupuolen rajavirtauskerrokseen pitäen sen hallinnassa. Virtaus matalapainepuolella pysyy peräsimen pinnassa suurissakin peräsinkulmissa. Tämä mahdollistaa suurempien ruorikulmien käytön ilman peräsimen sakkaamista. Tällä peräsintyyppillä on saavutettu jopa 80 asteen kulmia peräsimen sakkaamatta. Roottori myös lisää peräsimen tuottamaa nostetta huomattavasti, joidenkin testien mukaan jopa 100 %. Vesitunnelikokeissa on myös havaittu, että eräällä peräsintyyppillä roottorin ollessa pysäytettynä sakkauskulma oli 20°, kun se roottorin pyöriessä oli 50°. (Molland 2007, 340.)



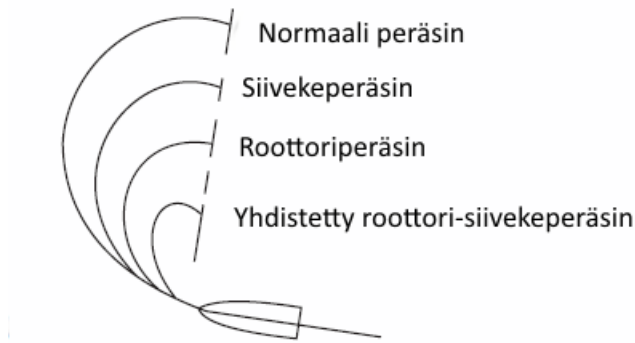
Kuva 13. Roottoriperäsin (Räsänen 11–14).



Kuva 14. Roottoriperäsimen poikkileikkaus (Molland 2007, 339).

4.5. Roottori- ja siivekeperäsin

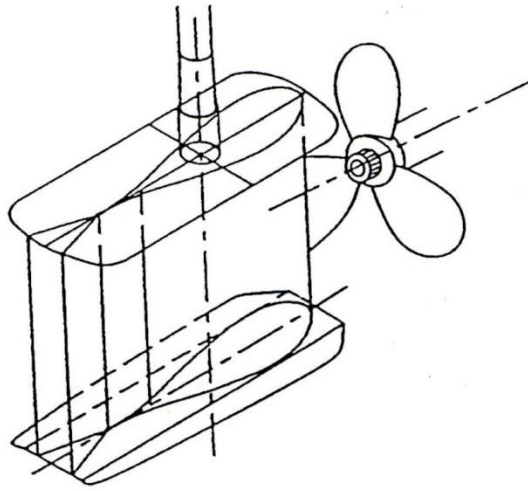
Myös roottori- ja siivekeperäsimien yhdistelmää käytetään. Tällä saavutetaan erittäin hyvä ohjailukyky erityisesti matalilla nopeuksilla, jota tarvitaan pääasiassa erikoisaluksissa. Haittapuolena ovat perinteistä peräsintä kalliimpi hinta sekä liikkuvien osien mukanaan tuoma huollon tarve. (House 2003, 552.)



Kuva 15. Vertailua eri peräsintyyppien välillä (House 2003, 522).

4.6. Schilling-peräsin

Schilling-peräsin on puolitasapainoinen, noin 40 %, yksiosainen ja sen ylä- ja alapäissä on levyt kärkipyörteiden estämiseksi. Tämä pienentää vastusta ja suurentaa peräsimen tehollista alaa. Peräsin on poikkileikkaukseltaan kalanruodon mallinen, mikä tehostaa virtauksen ohjausta. (Räsänen 1997, 11–15.) Tämä yhdistettynä suuriin peräsinkulmiin, 70–75 astetta molempiin suuntiin, mahdollistaa laivan kääntelyn oman akselinsa ympäri. Ääriasentoonsa käännetty Schilling-peräsin myös toimii perään sijoitetun sivuttaistyöntölaitteen tavoin, käyttäen kuitenkin pääkoneen tuottamaa tehoa, ja helpottaa laivan ohjailua laituriin. Peräsimen rakenne on melko yksinkertainen eikä liikkuvia osia ole, joten se on huoltovapaampi kuin esimerkiksi aiemmin mainittu roottori- ja siivekeperäsimen yhdistelmä. Kärkipyörrelevyt myös suojaavat hieman peräsinlehteä vaurioilta. Schilling-peräsimen poikkileikkauksen muoto tekee laivasta suuntavakaamman pienemmillä peräsimen liikkeillä kuin perinteisillä peräsinmalleilla. (House 2003, 552–553.) Schilling-peräsin on poikkeuksellinen myös siksi, että sen vääntömomentti on yleensä negatiivinen, eli peräsinkonetta tarvitaan myös jarruttamaan peräsimen taipumusta kääntyillä itsestään. (Räsänen 1997, 11–15.)



Kuva 16. Schilling-peräsin (Räsänen 1997, 11–15).

Schilling-peräsintä on kehitetty myös edelleen, ja uusin kehitystyön tulos hyödyntää kahta peräsintä ja yhtä potkuria. Tämä mahdollistaa vieläkin tehokkaamman potkurivirran ohjailun. VecTwin-nimellä myytävä järjestelmä toimii normaalissa matkajossa joko autopilotilla tai käsiruorilla ja tarkempaa ohjailua vaadittaessa yhdellä joystickillä. Järjestelmällä voidaan ohjata 70 % laivan potkurien normaalista eteenpäin suunnatusta työntötehosta sivuttaistyöntötehoksi ja 40 % taaksepäin. Suuret peräsin-kulmat auttavat lyhentämään myös pysähtymismatkaa, joka on noin 50% lyhyempi verrattuna perinteiseen peräsinjärjestelyyn. (House 2003, 553.) Valmistajan mukaan se on suunniteltu käsiajoa varten, mutta se voidaan kytkeä myös dynamic positioning -järjestelmään (Japan Hamworthy & Co, Super VecTwin System, 2015). Tämä peräsinjärjestely on erityisen käyttökelpoinen suurissa rahtialuksissa, koska peräsimet voidaan mitoittaa pienemmiksi kuin yksi iso, ja siten myös pienemmät peräsin-koneet riittävät. Ohjailukyky ei kuitenkaan kärsi, vaan esimerkiksi kääntösäde on päinvastoin huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi perinteisellä lapioperäsimellä. (Marine propulsion February/March, 2008.)

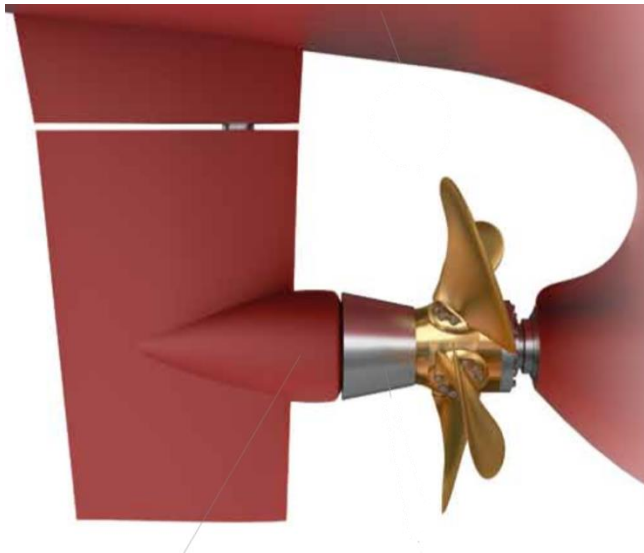
4.7. Yhdistetty peräsin-potkurijärjestely

Tässä peräsintyyppissä on yhdistetty peräsin ja potkuri kiinteästi (Wärtsilä/Becker Energopac) tai rakennettu peräsimen bulbia muistuttava uloke ja potkuriin sitä vastaava napä (Rolls Royce Promas). Molempien järjestelmien tavoitteena on parantaa ta-

loudellisuutta vähentämällä polttoaineen kulutusta ja vähentää kavitaatiota pienentämällä potkurin tuottamia virtauksia. Energopacissa potkuri myös kääntyy peräsimen mukana, joten peräsin on aina linjassa potkurin tuottaman virran kanssa. Molemmat mallit hyödyntävät myös aiemmin mainittua twisted leading edge -profiilia peräsinlehdessä. (Marine propulsion june/july 2009.) Promas-järjestelmä voidaan asentaa aluksiin myös jälkikäteen (Rolls Royce Promas Lite, 2011).



Kuva 17. Wärtsilä Energopac -peräsin-potkuriyhdistelmän rakenne. (Wärtsilä Rudders, 2010)



Kuva 18. Rolls Royce PROMAS -peräsinjärjestelmän rakenne. Peräsin on irrallaan potkurista, kuvassa näkyvä ruostumattomasta teräksestä valmistettu suulake on kiinnitetty potkurin napaan. (Rolls Royce Promas Lite, 2011)

4.8. Aluksen keinunnanvaimennus peräsintä käyttäen

Peräsintä voidaan käyttää myös aluksen keinunnan vaimentamiseen. Tämän saavuttamiseksi peräsinkoneen on toimittava nopeammin kuin perinteisessä järjestelyssä. Järjestelmää kutsutaan nimellä rudder roll damping (RRD), ja sillä päästään suunnilleen samoihin tuloksiin kuin evävakaajia käytettäessä. Evävakaajat lisäävät hieman vastusta ja aiheuttavat ääntä. Ne ovat myös melko kalliita asentaa. RRD-järjestelmät ovat halvempia eivätkä aiheuta lisävastusta tai ääntä. Ne ovat kuitenkin teholtaan riittämättömiä suuriin aluksiin, ja tähän mennessä RRD-järjestelmiä on käytetty lähinnä sotaluoksissa. (Fossen 2011, 434)

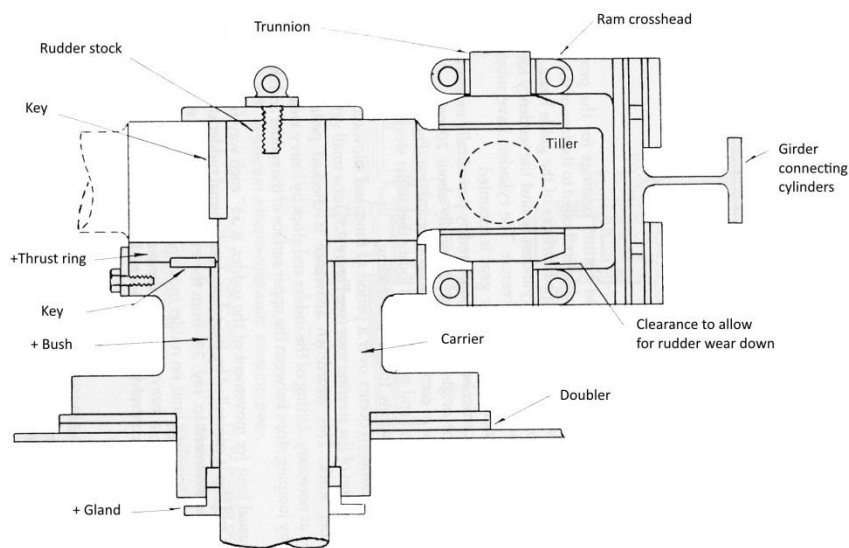
4.9. Laakerointi ja kiinnitys

Peräsin roikkuu laivan runkoon tukevasti kiinnitetyn painelaakerin varassa. Runkolevy on paksumpaa kiinnityskohdissa, jonka lisäksi teräspalkkeja voidaan käyttää tukevoittamaan rakennetta entisestään. Laakerin runko on esimerkiksi meehanitevalurautaa ja painelaakerirengas messinkiä. Painelaakeri on kaksiosainen vaihtamisen helpottamiseksi. Painelaakerin voitelu hoidetaan joko käsin ruuvattavilla tai automaattisesti toimivilla rasvaprässeillä. Rasvan tulee olla vedenkestävää. (McGeorge 1995,

286.) Kuvat lapio- ja sarviperäsimestä (kuvat 8. ja 10.) esittävät yleiset laakeriraken-
netyypit.

Peräsinakselin ja peräsinkoneen liitos toteutetaan joko kartio- tai kiilaliitoksella. (Mc-
George 1995, 286, 307.) Nykyään käytetään pääasiassa kartioliitosta.

Peräsinen painelaakerin kulumista voidaan seurata mittaamalla kuvan osoittama välys
(kuva 19.). Uuden peräsinen välys on yleensä noin 20 millimetriä. Painelaakerin ku-
luessa peräsin laskeutuu alemmas laivan runkoon nähden. Kulumista on tarkkailtava
säännöllisesti ja laakeri uusittava tarvittaessa. Peräsinen painelaakeri voi olla myös
kartion mallinen. Tämän laakerityypin etuna on, että se keskittyy itsestään. Kartio on
matala kiinnitarttumisen ehkäisemiseksi. Pienemmissä aluksissa painelaakeri voi olla
myös rullalaakerityyppinen.



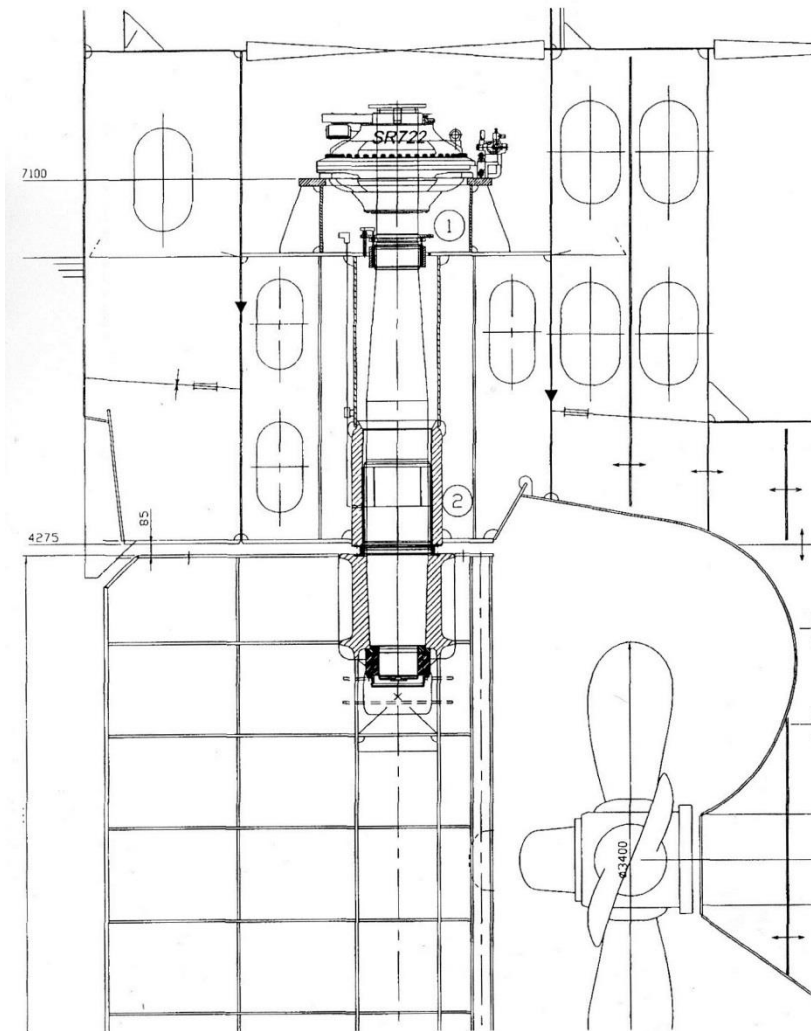
Kuva 19. Peräsinakselin painelaakeri. Laakerin kulumista voidaan tarkkailla mittaa-
malla välys kohdasta ”Clearance to allow for rudder wear down”. (McGeorge 1999,
287.)

Kovassa merenkäynnissä laakerin varassa roikkuva peräsin voi pyrkiä nousemaan
ylöspäin. Tämä ehkäistään stoppareilla peräsinen yläreunan ja laivan rungon välissä.

Yleinen raja peräsinkulmille on 35 astetta molempiin suuntiin keskilaivasta ja pe-
räsinkoneen ohjausjärjestelmää käytetään tämän säätämiseen. Myös ulkoisia rajoitti-
mia, eli runkoon hitsattuja rautoja, voidaan käyttää. Tällöin raja voi olla esimerkiksi

39 astetta. Myös peräsinkone itsessään rajoittaa peräsimen liikettä, mutta jos peräsin ulkoisen tekijän vaikutuksesta kääntyy liian suureen kulmaan, seurauksena on yleensä vaurio peräsinkoneelle ja mahdollisesti ohjailukyvyn menetys. (McGeorge 1995, 288.)

Painelaakerin lisäksi peräsinakseli on laakeroitu laivan runkoon liukulaakeriholkilla, jonka tehtävä on ottaa vastaan peräsimen aiheuttamat sivuttaisvoimat (kuva 20). Laakeriholkki voi olla valmistettu samoista materiaaleista kuin painelaakerikin, mutta sille on myös moderneja vaihtoehtoja. Nämä hyödyntävät pääasiassa komposiittimateriaaleja, joita käytetään myös potkuriakseleiden laakereissa. Uusien laakerimateriaalien etuja ovat keveys, koneistuksen ja asennuksen helppous, ympäristöystävällisyys sekä korroosionkestävyys. Laakerit ovat vesivoideltuja. (Japan Hamworthy & Co., LTD Thordon rudder bearings; Duramax Marine, Durablue Composite Rudder Bushing.) Synteettiset materiaalit eivät kuitenkaan kestä painetta niin hyvin kuin messinkinen laakeri, joten laakerin pinta-alan on oltava hieman suurempi (GL I-1-1, 2015, 14–21).



Kuva 20. 4300 DWT kuivarahtialuksen lapioperäsimen laakerointi. Peräsinkone kiertosylinterimallinen. Kuvassa kohta 1. on tiivistysholkki ja kohta 2. peräsinlaakeriholkki. (Instruction Manual Balance rudder B3000 K480 SR 722, 2007.) Myös yhdistettyä peräsinlaakeria ja tiivistysholkkia käytetään.

4.10. Taloudellisuus

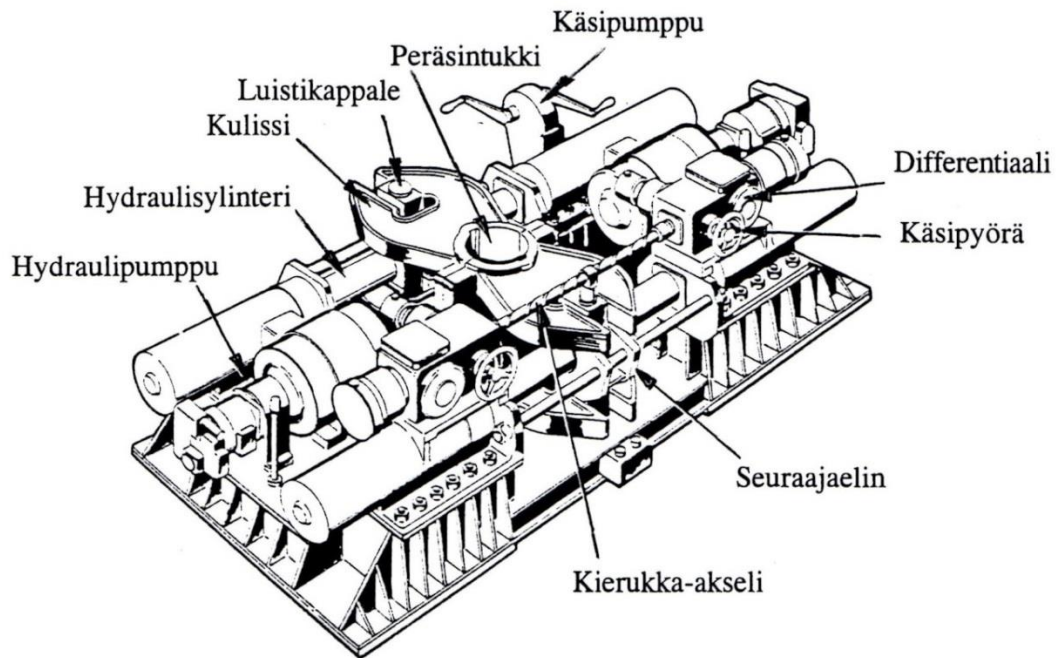
Peräsinvalmistajat ovat pyrkineet parantelemaan jo olemassa olevia peräsintyypppejä, ja monet uudet peräsintyytit yhdistelevät vanhojen ominaisuuksia. Pelkästään peräsimen toiminnan optimointi ei kuitenkaan riitä, vaan on otettava huomioon aluksen rungon, potkurin ja peräsimen vaikutukset toisiinsa. (Marine propulsion 2013, 66.) Peräsinkoneet ovat myös valmistajien tarkastelun kohteena, sillä niiden hydraulikkakoneikot käyvät jatkuvasti aluksen ollessa merellä. Peräsinkoneista pyritään tekemään energiatehokkaampia ohjaus- ja valvontajärjestelmiä kehittämällä. Energiatehokkuutta pystytään parantamaan esimerkiksi kurssissa pysymiseksi tarvittavia peräsimen liikkeitä vähentämällä. (Marine propulsion 2013, 65.) Yksi esimerkki peräsinrakenteiden

vaikutuksesta aluksen taloudellisuuteen on edellä mainitulle twisted leading edge -peräsinmallille kehitetty potkurin eteen asennettava eräänlainen suulake. Suulakkeen ja twisted leading edge -peräsimen yhdistelmällä on mallikokeissa saavutettu keskimäärin 3,5 prosentin säästöt polttoainekustannuksissa. Suurilla ja hitailla aluksilla säästöjen luvataan olevan 6 prosentin luokkaa. (Becker Marine Systems Twisted Fin, 2015.)

5. PERÄSINKONETYYPIT

5.1. Lineaarisylinteri

Lineaarisylinterijärjestelmässä (ram type, linear cylinder) peräsinvarsi (tiller) kiinnittyy peräsinakseliin kiila- tai kartioliitoksella. Peräsinvarsi on joko taottua tai valettua terästä ja siinä on uloke, tai kaksi 4-sylinterisen peräsinkoneen tapauksessa, lineaarisylinteriparia varten. Ulokkeessa on sileäksi koneistettu hahlo eli kulissi, johon sylinterien mäntien väliin sijoitettu liukukappale sopii. Liukukappaletta kutsutaan Rapson-luistiksi ja se on yleinen monissa linearisylinteriperäsinkoneissa, mutta poikkeuksiakin on. Rapson-luistin tappiliitos työntötankoihin on laakeroitu jotta sen kääntyily peräsinvarren hahlossa ei vaurioittaisi sitä. Ulokkeen tehtävä on muuntaa sylinterien tuottama lineaarinen liike kiertoliikkeeksi, joka kääntää peräsinakselia. Lineaarisylinterien työntötangot (rams) ovat taottua terästä ja valmistettu yhdestä kappaleesta. Työntötankojen pinta on hiottu erittäin sileäksi. Luistilla on ohjauskisko (kuvassa 21 seuraajaelin), jotta sylinterit eivät työntäisi sitä pois päin peräsinakselista. Sylinterit on kiinnitetty tukevasti peräsinkoneen petiin. (McGeorge, 286–288.)



Kuva 21. 4-sylinterinen lineaarisylinteriperäsinkone (Häkkinen 1999, s. 195).

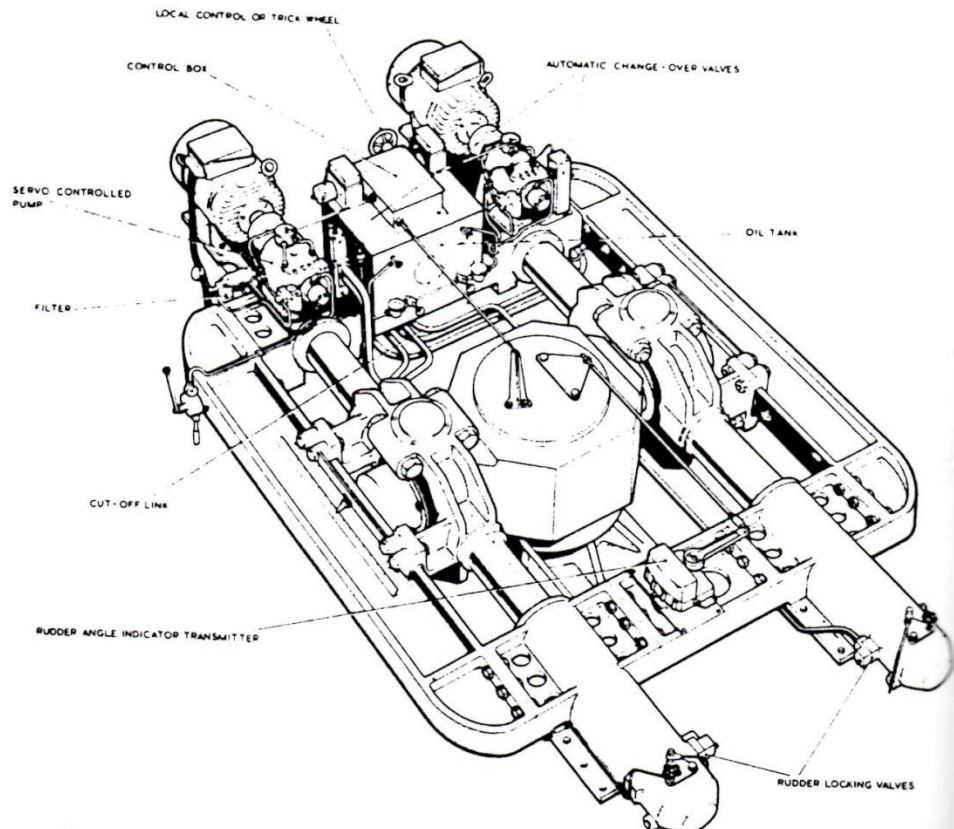
5.1.1. 2-sylinterinen peräsinkone

Tässä peräsinkonetyypissä on yksi vastakkainen sylinteripari joka kääntää peräsintä. Kun toinen sylinteri työntyy ulos, toinen vetäytyy sisään ja peräsin kääntyy. 2-sylinterinen peräsinkone säätötilavuuspumpuilla voi tuottaa noin 120–650 kNm:n vääntömomentin. (McGeorge 1995, 288–294.) Tämä on vähän käytetty peräsinkone-ratkaisu nykylaivoissa ja joidenkin lähteiden mukaan myös vanhentunut (Ks. mm. House 2003, 564–565).

5.1.2. 4-sylinterinen peräsinkone

4-sylinteristä peräsinkonetta käytetään isommissa laivoissa, joissa tarvitaan enemmän vääntöä. Periaate on sama kuin 2-sylinterisessä järjestelmässä, mutta vastakkaisia lineaarisylinteripareja on kaksi, molemmiin puolin peräsinakselia. Normaalisti kaikki sylinterit ovat käytössä, mutta järjestelmää voidaan helposti käyttää myös kahdella sy-

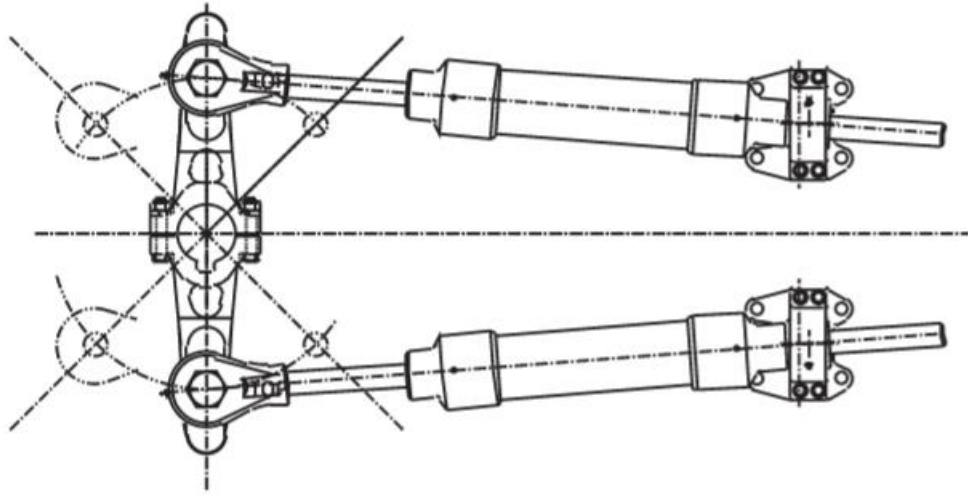
linterillä sulkemalla eristysventtiilit ja avaamalla ohitusventtiilit. Käytettävien sylinterien on kuitenkin oltava vastakkaiset, eli sylinteripari. (McGeorge 1995, 302–305.) Tämä peräsinkoneratkaisu riittää 10000 kNm momentteihin (Häkkinen 1999, 195).



Kuva 22. Nelisylinterinen peräsinkone (McGeorge 1995, s. 302)

5.1.3. Aktuaattori

Aktuaattoriperäsinkone (actuator steering gear) toimii myös hydraulisylintereillä, mutta poikkeaa Rapson-luistilla toteutetuista peräsinkoneista siten, että sylinterien lineaarinen liike muutetaan pyöriväksi nivelmekanismilla. Ne ovat myös kaksitoimisia. Sylintereitä voi olla joko yksi tai kaksi peräsintä kohti. (Jastram Model B Steering Gear, 2015, 2.) Kaksisylinterinen järjestelmä on yleensä mitoitettu siten, että se toimii myös yhdellä sylinterillä. Tällä saavutetaan parempi toimintavarmuus. Aktuaattoriperäsinkoneita käytetään sota-aluksissa, jahdeissa ja kauppa-aluksissa. (Rolls-Royce Steering Gear, 2015, 5.) Tällä peräsinkonetyypillä päästään ainakin 635 kNm:n vääntömomentteihin (NMF Steering gear manual, 2007, 5).

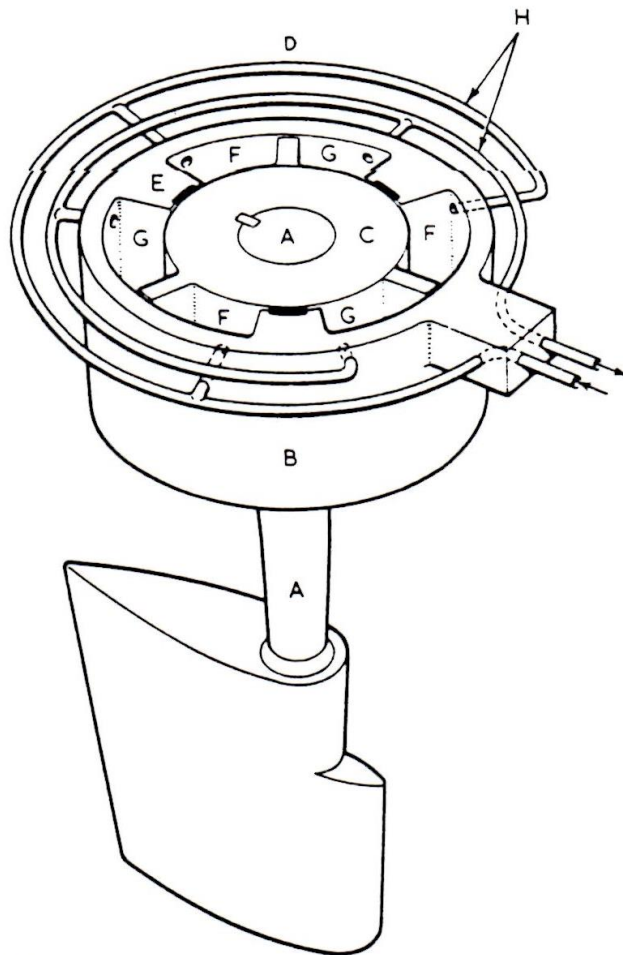


Kuva 23. Kaksisylinterinen aktuaattoriperäsinkone (Jastram Model B Steering Gear, 2015, 2).

5.2. Kiertosylinteri

Kiertosylinteriä (rotary vane steering gear) voidaan pitää käytännössä 2-sylinteristä peräsinkonetta vastaavana, vääntökapasiteetti riippuu peräsinkoneen koosta. Jos kiertosylintereitä on kaksi päällekkäin, järjestelmä vastaa 4-sylinteristä peräsinkonetta. Ratkaisevana erona on kuitenkin toimintaperiaate. Kiertosylinteriperäsinkoneessa on staattori, joka on kiinnitetty laivan runkoon ja roottori, joka on kiinnitetty peräsinakseliin. (McGeorge 1995, 307.) Roottori kiinnitetään peräsinakseliin kiilattomalla kartioliitoksella öljypainemenetelmää käyttäen. Vastaavia liitoksia käytetään myös potkurien asennuksissa (Kajava, 2014). Öljypainemenetelmässä liitettävät kappaleet painetaan paikoilleen hydraulikkaöljyn paineella mutteria tai hydraulikkarengasta vasten. Osa öljystä tunkeutuu kappaleiden väliin helpottaen asennusta. (SKF, Oil injection systems, mounting and dismounting, 2015.) Kappaleiden väliin tunkeutuva öljy levittää ulompaa kappaletta, tässä tapauksessa roottoria, hieman. Kun roottori on paikoillaan, paine lasketaan ulos hydraulikkajärjestelmästä ja roottori kiinnittyy tiukasti peräsinakselin kartiota vasten. (Kajava, 2014.) Liikkuvassa roottorissa on siivet ja staattorissa niitä vastaavat paikallaan pysyvät siivet (McGeorge 1995, 307). Staattorin ja roottorin siivissä on tiivisteet, jotta öljy ei pääse vuotamaan kammiosta toiseen. Tiivisteet voivat olla joko synteettisestä materiaalista valmistetut tai jousikuormitteiset valurautatangot. (MacGregor Porsgrunn steering gear, 2015, 2.) Peräsin kääntyy ohjaamal-

la hydraulikkaöljyä siipien väliin muodostuvaan painekammioon. Painekammiot ovat yhteydessä toisiinsa jakotukin (manifold) välityksellä. Kuvan kolme kiinteää ja kolme liikkuvaa siipeä on yleinen ratkaisu. Ne mahdollistavat 35 asteen liikkeen molempiin suuntiin. Jos liikkuvia ja kiinteitä siipiä on kaksi, on liikerata pidempi, jopa 130°. (McGeorge 1995, 307.) Mitä useampi siipi peräsinkoneessa on, sitä suuremman vääntömomentin se voi tuottaa (Rolls-Royce Steering gear 2015, 3). Kiertosylinteriperäsinkoneen etuna on pieni koko (Häkkinen 1999, 195). Kiertosylinterimallisiin peräsinkoneisiin voidaan integroida peräsinlaakeri, jota hydraulikkaöljy voitelee (MacGregor Porsgrunn steering gear, 2015, 2; Rolls-Royce Steering gear 2015, 1). Kiertosylinteriperäsinkoneen toimii matalammilla hydraulikkaöljynpaineilla kuin lineaarisylinteriperäsinkone (Marine propulsion, 2013, 66). Suurissakin kiertosylinteriperäsinkoneissa korkeimmat käyttöpaineet ovat luokkaa 80–170 baria vääntömomenttien ollessa korkeimmillaan 6550 kNm (Rolls-Royce steering gear 2015, 4).



Kuva 24. Vääntösylinterin toimintaperiaate (McGeorge 1995, s. 308).

- A. Peräsinakseli

- B. Staattori
- C. Roottori
- E. Kiinteät siivet
- F. G. Paineammiot
- H. Jakotukki



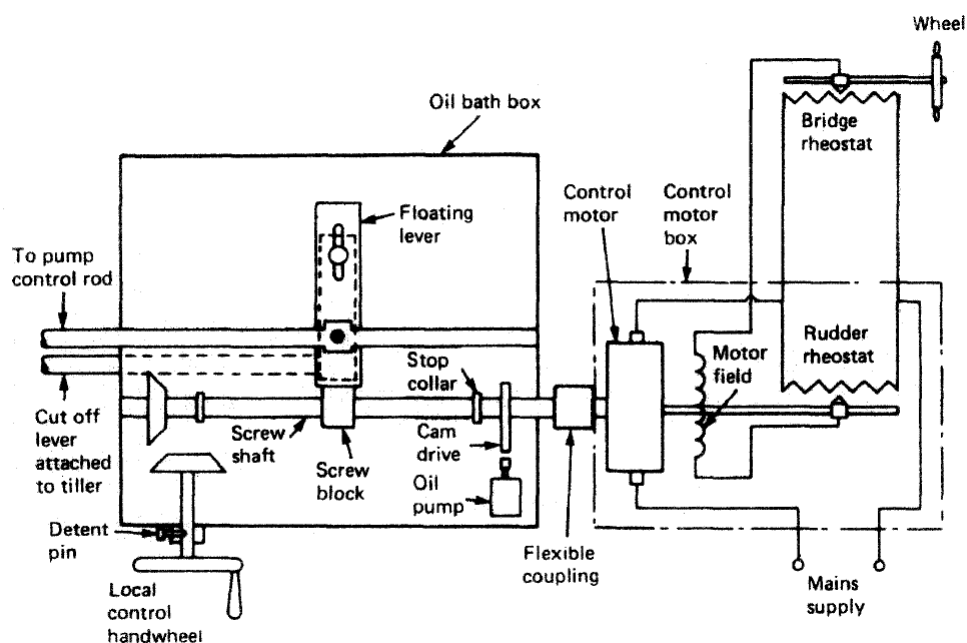
Kuva 25. Rolls-Royce SR-sarjan vääntösylinteriperäsinkoneen poikkileikkaus (Rolls-Royce Rotary vane steering gear for smaller vessels, 2015, 1). SR-sarja on tarkoitettu pieniin ja keskikokoisiin aluksiin, peräsinkoneen tuottamat vääntömomentit mallista riippuen 16–412 kNm (Rolls-Royce Steering gear, 2015, 2).

5.3. Hydraulikka- ja ohjausjärjestelmät

Peräsinhydrauliikan ohjausjärjestelmän tehtävänä on välittää tieto komentosillalta halutusta ruorikulmasta peräsinkoneelle. Peräsinkone tuottaa tarvittavan voiman, ja peräsin kääntyy kunnes haluttu kulma on saavutettu. (Taylor 1996, 211) Ohjausjärjestelmät voivat olla joko sähköisiä tai hydraulisia. Hydraulisessa järjestelmässä (hydraulic telemotor) on lähetin komentosillalla, putkistot peräsinkonehuoneeseen ja vastaanotin peräsinkoneessa. Lähettimessä on kaksi mäntää, jotka liikkuvat vastakkaisiin suuntiin, joten toinen mäntä pumppaa nestettä putkea pitkin ja toinen mäntä imee nestettä toista putkea pitkin. Neste johdetaan putkea pitkin vastaanottimelle ja imu toisessa linjassa

mahdollistaa vastaanottimen sylinterien liikkumisen. Sylinterit on kytketty vivustolla säätötilavuusvirtapumpun käyttölevyyn, joten niillä voidaan ohjata pumpun tuottoa. Vastaanottoimeen asennetut stopparit rajoittavat peräsinkulmat. Vastaanottimessa on myös paikallinen käsikäyttömahdollisuus. Komentosillalla on lähettimen yhteydessä paisuntasäiliö. Järjestelmän toimintapaine on noin 20–30 baaria ja nesteinä käytetään yleensä öljyä, koska se tarjoaa hieman suojaa korroosiota vastaan. (Taylor 1996, 214–218.) Hydraulinen ohjausjärjestelmä on saanut väistyä yksinkertaisempien sähköisten järjestelmien tieltä. (McGeorge 1995, 294; Taylor 1996, 219) Hydraulikkajärjestelmään saattaa tulla vuotoja ja putkistoon päässyt ilma heikentää laitteiston toimintaa.

Sähköisiä ohjausjärjestelmiä on erityyppisiä. Vanhemmassa mallissa komentosillalla on lähetin joka välittää tiedon ohjauksesta peräsinkoneeseen asennettuun ohjausyksikköön, jossa on pieni sähkömoottori, joka pyörittää ruuviakselia (kuvassa screw shaft), jossa kulkeva liukukappale (screw block) on kytketty vapaasti liikkuvan vivun (floating lever) välityksellä säätötilavuusvirtapumpun käyttölevyyn. Samaan kelluvaan vipuun on kytketty myös peräsinvarteen kiinnitetty ”katkaisuvipu” (cut off lever), jonka tehtävä on halutun peräsinkulman saavuttamisen jälkeen linjata vivusto siten, että säätötilavuusvirtapumpun tuotto lakkaa. Tässäkin järjestelmässä on paikallinen käsikäyttöpyörä, jolla tässä tapauksessa voidaan pyörittää käsin ruuviakselia ja saada aikaan edellä kuvattu toiminta esimerkiksi ohjausjärjestelmän sähkömoottorin toimintahäiriötilanteessa. (Taylor 1996, 219)

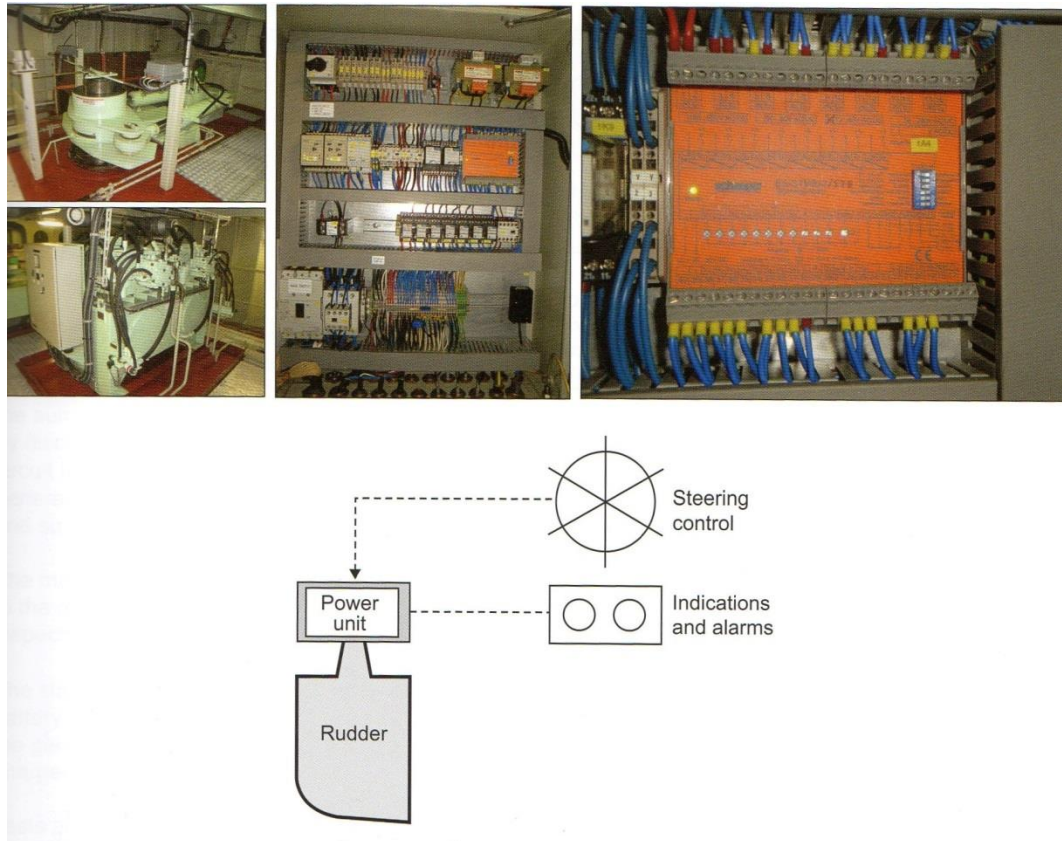


Kuva 26. Sähköinen peräsinhydrauliikan ohjausyksikkö (Taylor 1996, 217).

Uudemmat sähköiset ohjausjärjestelmät on toteutettu potentiometreillä ja rajakatkaisijoilla. Järjestelmässä on kaksi potentiometriä. Lähetinpotentiometri, joka on kytketty komentosillan käsiruoriin ja autopilottijärjestelmään, sekä peräsinkonehuoneessa sijaitseva takaisinkytkentäpotentiometri (repeat-back potentiometer, myös follow up -potentiometri), joka seuraa peräsinakselin liikkeitä. Kun ohjauspotentiometriä käännetään joko käsiruorilla tai gyrokompassin toimesta, lähtee peräsinkonehydrauliikan magneettiventtiilille ohjaussignaali, jonka napaisuus ja suuruus määräävät peräsimen kääntösuunnan sekä kääntöliikkeen suuruuden. Tätä ohjaussignaalia kutsutaan nimellä kurssipoikkeamasignaali (course error signal). Kun peräsin alkaa hydrauliikkakoneikon ja sylinterien vaikutuksesta kääntyä, takaisinkytkentäpotentiometri tuottaa signaalin, joka on napaisuudeltaan vastakkainen kurssipoikkeamasignaalin kanssa. Kun takaisinkytkentäsignaali kasvaa suuruudeltaan yhtä suureksi kurssipoikkeamasignaalin kanssa, ne kumoavat toisensa ja hydrauliikkayksikkö lakkaa kääntämästä peräsinä. Edellä mainittu toiminta mahdollistaa follow up -ohjauksen. Järjestelmän kaapelit on kahdennettu toimintahäiriöiden välttämiseksi. Ohjausjärjestelmään kuuluu myös rajakatkaisijat, joiden tehtävä on rajoittaa hydrauliikkasyylintereiden liike, jotta sylinterit eivät osu mekaanisiin stoppareihinsa. Samalla ne määrittävät myös peräsimen maksimikulmat. Rajakatkaisijoilla rajoitetaan myös peräsimen maksimikulmat meriajossa, esimerkiksi noin 10 asteeseen molempiin suuntiin. (Haynes, 1996.) Ohjausyksikkö säättää pumppujen tuottoa sekä peräsinkonehydrauliikan magneettiventtiileitä ja tarvittaessa peräsimen käsiohjailu tapahtuu suoraan magneettiventtiileissä olevista painonapeista. Modernit järjestelmät perustuvat CAN-väyläteknologiaan. (Raytheon-Anschütz 2015, 2.) Myös ruorikulmaosoittimet voidaan toteuttaa potentiometreillä. Yksi vaihtoehto potentiometreille on käyttää kahta momenttisyntromootoria, joista toinen, lähetin, on kytketty suoraan peräsinakseliin ja toinen, vastaanotin, muuttaa akselin kääntyessä samassa suhteessa ruorikulmanosoittimen neulan asentoa (Herriana Co., LTD, Instruction manual for rudder angle indicator, 2013, 16).

Ohjaukseen on olemassa kaksi erilaista menetelmää, follow up ja non follow up. Follow up -ohjauksessa peräsin seuraa käsiruorin liikkeitä, ja palaa keskiasentoon kun ruorista päästetään irti. Non follow up -ohjauksessa ohjailu tapahtuu yleensä joystickillä tai painonapeilla ja peräsin jää asetettuun kulmaan eikä palaudu itsestään keskiasentoon. (Beattie, 2015) Jos laivassa on follow up -ruori, järjestelmää käytetään yleensä follow up -moodissa, ja ohjailuun voidaan käyttää joko autopilottia tai käsiruoria. Non follow up on tässä tapauksessa lähinnä varajärjestely ja ohjailutavan vaih-

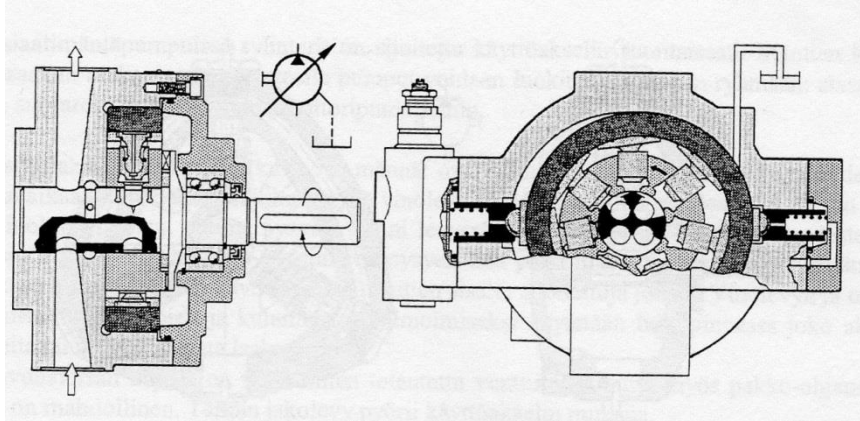
to voidaan tehdä komentosillalta. Ohjausjärjestelmä voidaan toteuttaa myös ainoastaan non follow up –järjestelyllä. Tässäkin tapauksessa ohjailuun voidaan käyttää joko autopilottia tai käsikäytössä painonappeja tai joystickiä. Peräsinkonehuoneesta tapahtuva paikallinen hätäohjailu on yleensä aina non follow up -mallia.



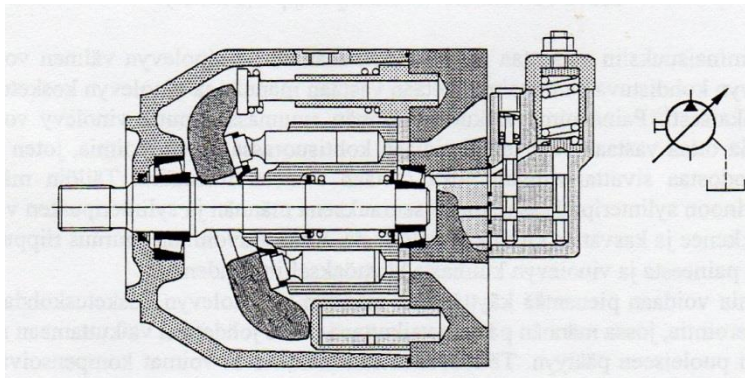
Kuva 27. Nykyaikaisen peräsinjärjestelmän osat ja kaavio (Hall, 2014, 139).

Hydrauliikkaöljynpaine peräsinkoneelle tuotetaan yksisuuntaisilla, sähkömoottoreilla toimivilla pumpuilla, joita on muutamaa erilaista mallia. Pumput voivat olla aksiaali- tai radiaalimäntäpumppuja, joko säädettävällä tilavuusvirralla tai vakiotilavuusvirralla. Radiaalimäntäpumput ovat yleensä pyörivällä sylinteriryhmällä varustettua mallia. Tällöin akseli pyörittää sylinterirunkoa mäntien muodostaman kehän sisällä ja pumpun tuottoa voidaan säätää portaattomasti liukurenkaan avulla. Liukurenkaan avulla myös virtauksen suunta voidaan muuttaa pumpun pyöriessä jatkuvasti samaan suuntaan. Aksiaalimäntäpumppussa männät on sijoitettu pumpun nimen mukaisesti käyttöakselin suuntaisesti. Tuottoa säädetään käyttölevyn kulmalla. Tällä pumppumallilla virtausta voidaan säätää samoin kuin radiaalimäntäpumpulla. Pumput on kahdennettu turvallisuussyistä. Normaalisissa meriajossa käytetään yleensä yhtä pumppua. Toinen voidaan käynnistää, jos peräsimeltä vaaditaan nopeampaa toimintaa. (McGeorge

1995, 290–294.) Stand by -pumppu saa virransyöttönsä hätätaulusta. Hätäkäyttöä varten on oltava myös paineakku tai öljysäiliö, jolla peräsimen on käännettävä kerran keskeltä ääriasentoonsa ja takaisin. (Häkkinen 1999, 195.) Myös vakiotilavuusvirtapumppuja voidaan käyttää. Tällöin pumpun tuotto pysyy samana koko ajan ja öljyn virtausta ohjataan solenoidiventtiilein. Vakiotilavuusvirtapumppu on yksinkertaisempi ja halvempi kuin säätötilavuusvirtapumppu, mutta järjestelmän ohjausventtiilit ovat kovan rasituksen alaisena ja alttiita vaurioille. (Beattie, 2015.)



Kuva 28. Esimerkki radiaalimäntäpumpusta (Kauranne 1999, 115).



Kuva 29. Esimerkki aksiaalimäntäpumpusta (Kauranne 1999, 118).

Kuvassa kohta numero 7 on aksiaalimäntäpumppu ja kohta 8 syöttöpumppu. Kohta 10 on proportionaaliventtiili joka säättää järjestelmän painetta. Syöttöpumpulta tuleva öljy virtaa suodattimen (6) läpi. Jos peräsintä ei käännetä, pumppu (7) ei tuota painetta. Syöttöpumppu kierrättää öljyä suodattimen, varoventtiilin (13) ja pumpun rungon

kautta takaisin öljysäiliöön (3). Kun peräsinkone saa ohjauskäskyn komentosillalta joko sähköiseltä painonapilta tai autopilotilta, sähkösignaali välitetään proportionaali-venttiilin solenoidille (10). Pumpun käyttösylinteri (10.1) saa ohjauspaineen ohjausventtiilin kautta. Pyörintälevyä säätämällä pumpun tuottoa voidaan säädellä. Aksiaalimäntäpumpulta öljy virtaa sylintereihin ja sieltä takaisin pumpulle. Sylintereiden molemmille puolille asennetut jarrutusventtiilit (12) rajoittavat öljyn virtausta ja siten estävät peräsimen kääntymisen itsestään negatiivisen momentin vaikutuksesta. Ne toimivat myös letkurikkoventtiileinä eli katkaisevat öljyn virtauksen letkun tai putken pettäessä. Syöttöpaineen varoventtiili (13) rajoittaa syöttölinjan paineen 20 baariin. Paineen katkaisuventtiili (14) rajoittaa järjestelmän käyttöpaineen 280 bariin. Tämä paine vastaa peräsinkoneen maksimimomenttia. Korkeapainevaroventtiilit (15) rajoittavat hydrauliohjain paineen 340 bariin negatiivisen momentin vaikuttaessa peräsimen ja suojaavat mekaanisia osia vaurioilta. (Neuenfelder Maschinenfabrik GmbH Steering gear instruction manual 2007, 8.) Kuvassa ei näy toista pumppuyksikköä, joka on identtinen kuvassa esitetyn kanssa. (NMF Steering gear instruction manual, 2007, 8.)

5.3.1 Suodattimet

Kuten kaikissa hydraulikkajärjestelmissä, myös peräsinkonelaitteistossa öljyn puhtaus on tärkeää. Tämä varmistetaan asentamalla järjestelmään suodatin sekä seuraamalla öljyn laatua. Epäpuhtaudet lisäävät järjestelmän komponenttien kulumista ja saattavat aiheuttaa toimintahäiriöitä. Tässä tapauksessa epäpuhtauksilla tarkoitetaan kiinteitä partikkeleita, nesteitä ja kaasuja, eli käytännössä kaikkea järjestelmään kuulumatonta. Epäpuhtaudet voidaan jakaa alkuperänsä perusteella kolmeen ryhmään: alkuepäpuhtauksiin, jotka ovat peräsin asennuksesta ja koneistuksesta, järjestelmään ulkopuolelta päässeisiin ympäristön epäpuhtauksiin, sekä järjestelmän sisällä syntyviin epäpuhtauksiin, joita muodostuu esimerkiksi kulumisen seurauksena. Alkuepäpuhtaudet voivat olla esimerkiksi hiontapölyä, metallilastuja, hitsausroiskeita, tiivistemateriaaleja, puhdistusaineita tai vettä. Osa alkuepäpuhtauksista saattaa olla järjestelmän komponentteja ja kovempia, joten ne ovat erityisen haitallisia joutuessaan hydraulikkaöljyn joukkoon. Ympäristön epäpuhtaudet kulkeutuvat järjestelmään useaa eri reittiä, kuten säiliön huoltoaukon, sylinterien männänvarsien tiivisteiden sekä huoltojen ajaksi auki jääneiden liitosten ja luukkujen kautta. Järjestelmän kiinteät epäpuhtaudet irrottavat

materiaalia järjestelmän pinnoista ja kiihdyttävät kulumista. (Kauranne 1999, 289–290.) Kiinteät partikkelit voidaan poistaa suodattimella, jolloin järjestelmän käyttöikä ja toimintavarmuus paranee. Suodatin koostuu suodatinpanoksesta, rungosta ja mahdollisista lisävarusteista. Suodatinpanos voi olla puhdistettava tai kertakäyttöinen. Puhdistettavat suodattimet ovat yleensä pintasuodatusperiaatteella toimivia ja kertakäyttöiset syväsuodatusperiaatteella toimivia. Pintasuodatus tarkoittaa, että epäpuhtaudet jäävät suodatinmateriaalin pintaan ja sen virtausaukot ovat suunnilleen yhtä suuria. Tämän tyyppiset suodatinpatruunat on valmistettu yleensä metallilangoista, mutta myös paperisia tai kankaisia valmistetaan. Syväsuodatusperiaatteella toimivat suodatinpanokset valmistetaan kuitumatosta tai yhteensintratuista metallirakeista. Koska rakenne on sokkelomainen, virtausaukkojen koko vaihtelee ja partikkelit saattavat pysähtyä vasta suodattimen sisällä. Syväsuodatusperiaatteella toimivat suodatinpanokset ovat pintasuodatusmalleja pitkäikäisempiä, sillä ne pystyvät sitomaan itseensä enemmän likapartikkeleita, koska osa niistä jää myös suodatinmateriaalin sisään. (Kauranne 1999, 297–299.)

6. HUOLTO JA KÄYTTÖ

Peräsinkoneen häiriöttömän toiminnan varmistamiseksi ja aluksen ohjailukyvyn säilyttämiseksi on erittäin tärkeää että peräsinkoneelle tehdään säännölliset määräaikaistarkistukset ja -huollot (Wankhede, 2014). Nämä määritellään valmistajan manuaalissa.

Esimerkki erään sylinteriperäsinkoneen (NMF 2Z-SL 340/45° K) huolto-ohjeesta:

Päivittäin: hydraulikkaöljysäiliöiden pinnantarkistukset

Viikoittain: peräsinlaakerin rasvaus, akselitiivisteiden välisen kammion rasvaus

Vuosittain (tai 3000 käyttötunnin jälkeen): järjestelmän öljynvaihto

2000 käyttötunnin välein (tai tukkeumaosoittimien ilmoittaessa filterien likaantumisesta): öljynsuodattimien vaihto (Neuenfelder Maschinenfabrik GmbH, 2007, 3.)

Säännöllisistä huolloista huolimatta peräsinkoneissa saattaa esiintyä tiettyjä runsaasta käytöstä johtuvia ongelmia, jotka on hyvä tunnistaa, jotta niihin voidaan reagoida. Näistä yleisin ovat öl-

juvuodot joko pumpuista, sylintereiden männänvarsien tiivisteistä tai kiertosylinterin painekammioista. (Wankhede, 2014.) Hydraulikkajärjestelmään saattaa myös ajan mittaan kertyä vettä, joka aiheuttaa korroosiota tärkeissä komponenteissa, kuten pumppujen männissä ja ohjausventtiileissä. (Kajava, 2014)

Rutiinitarkastukset ja huollot, kuten esimerkiksi suodattimien ja öljyjen vaihdot, voidaan tehdä aluksen ollessa satamassa. Rutiinitarkastuksiin kuuluu pumppujen, moottoreiden, letkujen sekä sylintereiden päivittäinen silmämääräinen tarkastus vuotojen, lisääntyneen tärinän yms. varalta sekä öljynpintojen tarkastus. Hydraulikkaöljystä on hyvä lähettää näyte analysoitavaksi säännöllisin väliajoin. Isommat huollot peräsinlaitteistoihin on tehtävä aluksen ollessa kuivatelakalla. Peräsimen laakerin vällys voidaan mitata rakotulkilla peräsinakselin ollessa paikoillaan, tai peräsinakselia voidaan tunkata edestakaisin ja mitata sen tekemä liike heittokellolla. Tunkkaamalla laakerin mahdollinen vällys saadaan paremmin selville. Tarkin tapa on tehdä mittaukset kun peräsin ja peräsinakseli ovat pois paikoiltaan, jolloin akseli ja laakeri voidaan mitata erikseen. Peräsinlaakeri kuluu yleensä hieman soikeaksi, koska peräsinakseli tekee, peräsinjärjestelystä riippuen, noin 35 asteen liikettä molempiin suuntiin laivan keskiakselista. Lineaarisylinteriperäsinakselikoneissa sylinterien tiivisteet vaativat säännöllistä huoltoa. Tällöin männänvarsi on vedettävä ulos jotta tiivisteet voidaan vaihtaa. Huoltoa tehdessä kannattaa osien pinnat tarkastaa korroosion varalta. (Kajava, 2014).

Peräsinakselikone on mekaanisilta osiltaan melko huoleton laite, jos öljyn puhtaudesta huolehditaan ja suodattimet vaihdetaan määräaikoina. Myös laitteiston silmämääräinen tarkastus kannattaa tehdä päivittäin, jotta mahdolliset muutokset esimerkiksi pumppujen käyntiäänissä sekä vuodot havaitaan mahdollisimman pian. Pumppujen sähkömoottoreiden eristysvastukset on hyvä mitata säännöllisesti ja varmistaa, että moottorit pysyvät kuivina ja puhtaina. Tämä ei yleensä ole ongelma, koska peräsinakselikonehuoneessa on harvoin muuta laitteistoa joka saattaisi likaantumista tai kastumista. Sähkömoottoreiden ja hydraulikkapumppujen laakerit sekä jälkimmäisten akselitiivisteet ovat kulumia osia ja näissäkin kohteissa valmistajan huoltovälejä on järkevää noudattaa. Jotkin laitevalmistajat suosittelevat ohjausjärjestelmän komponenttien vaihtoa esimerkiksi viiden vuoden välein. Näihin komponentteihin lukeutuvat muun muassa potentiometrit. Valmistajan suosituksista on hyvä olla tietoinen, jotta ongelmat voidaan välttää etukäteen.

Jos peräsin on irrotettava peräsinakselista, esimerkiksi peräsinlaakerin, potkurin tai potkuriakselin huoltoa varten, on peräsinakseliin ensin hitsattava nostokorvat ja niihin kiinnitettävä taljat

joilla peräsintä voidaan kannatella. Peräsimen kylkeen on polttoleikattava aukot, jotta lukitusmutteriin päästään käsiksi. Lukitusmutterin varmistusraudan hitsaukset on hiottava auki. Näiden toimepiteiden jälkeen peräsin voidaan tunkata irti kartiosta. Valmistajan manuaalin paineita on noudatettava, koska jos ne ylitetään, saattaa peräsimen kartioholkissa tapahtua pysyviä muodon tai rakenteen muutoksia, jotka saattavat johtaa ongelmiin peräsimen joutuessa kovaan räsitukseen. Peräsin on laskettava varovasti alas, jotta kartioliitoksen pinnat eivät vaurioidu. Peräsimen asennus peräsinakseliin aloitetaan puhdistamalla kartioliitoksen molemmat pinnat sekä voitelemalla ne hydraulikkaöljyllä. Peräsin nostetaan paikoilleen, mutteri kierretään kiinni. Hydraulikkaletkut kytketään sekä peräsimeen että mutteriin. Peräsin voidaan nyt tunkata paikoilleen. Heittokelloa apuna käyttäen voidaan tarkkailla, että peräsin menee yhtä pitkälle kartioon kuin ensimmäisellä asennuskerralla. (Kajava, 2014; Instruction Manual Balance rudder B3000 K480 SR 722, 2007, 5–6). Alapäästään laakeroidut vanhemmat peräsintyyppit sekä sarviperäsimet on ensin nostettava ylös, jotta laakeritapit irtoavat holkeistaan. Tätä varten peräsimen yläosassa on yleensä irrotettavaksi suunniteltu osa jonka poistaminen mahdollistaa peräsimen nostamisen.



Kuva 31. Lapioperäsimen irrotuksen valmistelua kuivatelakalla. Peräsimeen kiinnitetään taljoja ja sen kylkiin on polttoleikattu aukot jotta kiinnitysmutteriin päästään käsiksi. (Langh Ship, 2014.)



Kuva 32. Lapioperäsimen kiinnitysmutteri irrotettuna. Kuvan yläosassa näkyvät peräsinakselin kierteet ja akselin päässä lukitusraudan ura. (Langh Ship, 2014)

Aluksen ollessa kuivatelakalla peräsin tarkastetaan kavitaation aiheuttaman kulumisen varalta, sekä peräsimen pohjassa sijaitseva tyhjennysproppu avataan, jotta voidaan varmistua, ettei peräsimen

sisään ole päässyt vettä. Nykyaikaiset peräsimet ovat onttoja sisältä, joten peräsimen sisään tunkeutunut vesi voi aiheuttaa korroosiota. Aiemmin peräsimet täytettiin rasvalla tämän ehkäisemiseksi. (Kajava, 2014) Nykyään peräsin voidaan pinnoittaa sisältä ruostesuoja-aineella. (Verosaari, 2015) Jos peräsimen on tehty hitsauksia telakoinnin yhteydessä esimerkiksi korjausten tai kiinnitysmutterin irrottamisen vuoksi, sen tiiveys tarkastetaan koeponnistamalla peräsin paineilmalla. (Kajava, 2014)

6.1. Peräsinvauriot

Peräsinvauriot ovat melko harvinaisia mutta mahdollisia. Yleensä peräsinvauriot sattuvat jääajotilanteissa, joissa laivaa ohjaillaan taaksepäin eikä peräsin ole linjassa laivan rungon kanssa. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa laivan liikkuesssa jäät painavat peräsinlehteä samalla, kun peräsinkone yrittää pitää sen paikoillaan. Tämä taas saattaa johtaa siihen, että peräsimen kohdistuu suurempia voimia, kuin mitä se on suunniteltu kestävänsä, ja se pyörähtää akselinsa suhteen, yleensä kartioliitoksesta. Peräsinkonehydrauliikassa on yleensä varoventtiilit, jotka suojaavat hydrauliikkakomponentteja. Jos kartioliitos ei anna periksi, peräsin voi edellä mainitussa tilanteessa myös vääntyä. Akselinsa suhteen pyörähtänyt peräsin on tunkattava irti kartioliitoksesta ja käännettävä oikeaan asentoon. Tämä voi olla hankalaa jos kartioliitoksen pinnat ovat naarmuuntuneet ja öljy ei pysy niiden välissä. Peräsimen todellinen asento on myös päästävä todentamaan, joko ulkoapäin tai peräsinakselin ja peräsinkoneen merkeistä. (Kajava, 2014.) Peräsinlaakeriholkin kulumisen voi pahimmassa tapauksessa johtaa peräsinakselin pettämiseen. Silja Europalla sattui tämän tyyppinen peräsinvaurio, kun aluksen toinen peräsinakseli yllättäen katkesi väyläajossa. Syyksi osoittautui peräsinakselin alalaakerin pesä, jonka kulumisen johti tilanteeseen, jossa peräsinakseliin kohdistui paljon suuremmat voimat kuin mitä se oli suunniteltu kestävänsä. Syöpyneet laakeripesät oli aluksen telakoinnin yhteydessä korjattu valuepoksilla ja laakerit vaihdettu, mutta epoksi rikkoutui ajan myötä ja vika uusiutui. (Onnettomuustutkintakeskus, C4/2009M M/S SILJA EUROPA [FIN], oikeanpuoleisen peräsinakselin katkeaminen Ahvenanmaan saaristossa 22.11.2009.) Peräsin saattaa katketa myös peräsinakselin ja peräsinlehden liitoskohdasta jos koneistettujen osien (kartioiden) kiinnityshitsaus on epäonnistunut. Jos peräsimen laakerien pesien linjauksessa on heittoa, se saattaa ilmetä peräsinkoneen ylikuormittumisena. Tässä tapauksessa pesät on koneistettava uudelleen, esimerkiksi aarporalla, jotta linjaus saadaan kohdilleen (Kajava, 2014.)

7. LUOKITUKSET

Luokituslaitokset asettavat peräsinrakenteille ja -koneille omat yksityiskohtaiset vaatimuksensa. Luokituslaitoksen vaatimukset perustuvat IMO:n SOLAS-sopimukseen. Vaatimuksissa määritellään muun muassa laitteissa käytettävät materiaalit, laitteilta vaadittavat ominaisuudet, ohjausjärjestelmät, peräsinkoneen minimiteho, laitteiston koeponnistukset ja ennen käyttöönottoa tehtävät testit. (GL I-1-2 Machinery installations, 2015, 14-1–14-8.) Säännöt määrittävät myös peräsimen kiinnityksen yksityiskohdat kiinnitystavasta riippuen (GL I-1-1 Hull structures, 2015, 14-14 – 14-17), peräsinlaakerin mitoituksen ja välykset (GL I-1-1 Hull structures, 2015, 14-21) sekä tarvittavat toimenpiteet mitoittaessa aluksen peräsinjärjestelmää jääajoon sopivaksi (GL I-1-1 Hull Structures, 2015, 15-17). Luokituslaitokset valvovat, että uudisrakennusten rakenteet ja koneistot täyttävät nämä vaatimukset.

Luokituslaitoksen tehtäviin kuuluvat sääntöjen laatimisen lisäksi myös alusten määräaikaistarkastukset. Tarkastusten aikaväli riippuu aluksen iästä ja tyypistä. (GL I-0-0, 2015, 3-3.) Tarkastuksia voidaan tehdä joko aluksen ollessa vedessä tai kuivatelakalla. Peräsimestä tarkastetaan rakenteiden kunto, kiinnitys peräsinakseliin sekä laakereiden välykset. Jos peräsinakselin ulkoisen tarkastuksen tulokset sitä vaativat, on peräsinakseli purettava, jotta sitä voidaan tutkia tarkemmin. (GL I-0-0, 2015, 3-20). Kuivatelakassa peräsimestä tarkastetaan myös tyhjennysproppu siltä varalta, että vettä on päässyt peräsimen sisään. Ruorikoneelle tehdään käyttökoe ja tarvittaessa osia peräsinkoneesta puretaan tarkastusta varten. (GL I-0-0, 2015, 3-27.) Myös hälytykset, paikalliskäyttö sekä kaikki kaukokäyttövaihtoehdot testataan (GL I-0-0, 2015, 3-30). Jos aluksessa on dynamic positioning -järjestelmä, peräsinkoneen hydraulikkaöljystä otetaan myös öljynäyte analyysia varten. (GL I-0-0, 2015, 5-105).

8. YHTEENVETO

Peräsinjärjestelmissä tuskin tulee tapahtumaan suuria muutoksia lähiaikoina. Perinteinen järjestely, jossa peräsin on potkurin tuottamassa virtauksessa ja ohjaa sitä, säilynee todennäköisesti jatkossa varsinkin rahtilaivoissa yksinkertaisuutensa ja luotettavuutensa vuoksi. Varustamojen pyrkimässä säästämään polttoainekustannuksissa Promas ja twisted leading edge -tyyppiset ratkaisut saattavat yleistyä. Ne ovat yksinkertaisia parannuksia, jotka eivät juuri lisää aluksen huollontar-

vetta. Peräsinkoneet niin ikään ovat melko yksinkertaisia laitteita, joiden toimintaan tuskin on odotettavissa suuria muutoksia. Valmistajat tuntuvat lähinnä keskittyvän toimintavarmuuden, energiankulutuksen ja huoltojen helpottamisen kehittämiseen.

Työtä tehdessä kävi selväksi, että asiantuntijahaastattelut olivat selkeästi paras tapa hankkia ensikäden tietoa laitteiston huolloista ja vikaantumisista. Toinen haastateltavistani on pitkän linjan laivankorjausalan ammattilainen ja toinen tehnyt uransa eri varustamojen teknisenä tarkastajana. Alan julkaisuista löytyi miltei kaikki tarvittava perustieto, mutta joidenkin järjestelmien toiminnan kuvaukseen oli tietoa etsittävä valmistajien manuaaleista ja internetistä.

9. LÄHTEET

9.1 Kirjalliset lähteet

Fossen, Thor I. 2011, Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control. India: John Wiley & sons.

Hall, Dennis T. 2014, Practical Marine Electrical Knowledge. Glasgow, Great Britain: Witherby Seamanship.

House, D. J. 2003, Seamanship Techniques. Great Britain: Butterworth-Heinemann.

Häkkinen, Pentti 1999. Laivan koneistot. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu.

Molland, A.F. & Turnock, S.R. 2007. Marine Rudders and Control Surfaces. Great Britain: Butterworth-Heinemann.

Räisänen, Pekka 1997. Laivatekniikka – Modernin laivanrakennuksen käsikirja. Jyväskylä: Gummerus.

International Maritime Organization, 2014, SOLAS Consolidated edition. Great Britain: IMO.

Kauranne, H. & Kajaste, J. & Vilenius, M 1999, Hydrauliikan perusteet. Porvoo: WSOY.

McGeorge, H. D. 1995, Marine Auxiliary Machinery. Cornwall, Great Britain: Butterworth-Heinemann.

Taylor, D. A. 1996, Introduction to Marine Engineering. Chippenham, Great Britain: Butterworth-Heinemann.

Yakimchuk, Alexandr 2012. Ship Automation For Marine Engineers & ETOs. Glasgow, Great Britain: Witherby Seamanship.

9.2 Aikakauslehdet ja manuaalit

Marine propulsion & auxiliary machinery June/July 2008

Marine propulsion & auxiliary machinery June/July 2009

Marine propulsion & auxiliary machinery June/July 2013

Marine propulsion & auxiliary machinery December/January 2008/2009

Instruction Manual Balance rudder B3000 K480 SR 722, 2007

Neuenfelder Maschinenfabrik GmbH, 2007, Steering Gear Instruction Manual 2Z-SL 340/45° K

9.3 Elektroniset lähteet

Beattie, Brian 2015, Steering gears. Saatavissa:

<http://www.marineengineering.org.uk/page84.html> [Viitattu 20.03.2015]

Becker Marine Systems, 2013, Product range. Saatavissa: http://www.becker-marine-systems.com/05_downloads/zzpdf/product_pdf/Becker_Product_Brochure.pdf [Viitattu 1.12.2014]

Becker Marine Systems Becker Twisted Fin, 2015. Saatavissa: http://www.becker-marine-systems.com/05_downloads/zzpdf/product_pdf/Becker_Twisted_Fin.pdf [Viitattu 14.05.2015]

Duramax Marine, Durablue Composite Rudder Bushing. Saatavissa:

<http://www.duramaxmarine.com/advanced-durablue.htm> [viitattu 20.05.2014]

Germanischer Lloyd Rules for Classification and Construction - I Ship technology – 1 Seagoing ships – 2 Machinery installations, 2015. Saatavissa:

https://my.dnv.com/sites/rulesandstandards/GL%20Rules/GL%20Maritime%20Rules%20and%20Guidelines/gl_i-1-2_e.pdf [Viitattu 01.04.2015]

Germanischer Lloyd Rules for Classification and Construction - I Ship technology – 1 Seagoing ships – 1 Hull Structures, 2015. Saatavissa:

https://my.dnv.com/sites/rulesandstandards/GL%20Rules/GL%20Maritime%20Rules%20and%20Guidelines/gl_i-1-1_e.pdf [Viitattu 01.04.2015]

Germanischer Lloyd Rules for Classification and Construction – I Ship technology – 0 Classification and Surveys, 2015. Saatavissa:

https://my.dnv.com/sites/rulesandstandards/GL%20Rules/GL%20Maritime%20Rules%20and%20Guidelines/gl_i-0-0_e.pdf [Viitattu 01.04.2015]

Germanischer Lloyd Rules for Classification and Construction – VI Additional Rules and Guidelines – 11 Other Operations and Systems – Guidelines for Sea Trials of Motor Vessels, 2012. Saatavissa: http://www.gl-group.com/infoServices/rules/pdfs/gl_vi-11-3_e.pdf [Viitattu 21.05.2015]

Haynes, William 1996, T.S. Patriot State Engineering Manual. Saatavissa:

<http://web.maritime.edu/campus/tsps/manual/Steering1.html> [Viitattu 25.05.2015]

Heriana Co., LTD, Instruction manual for rudder angle indicator, 2013. Saatavissa:

<ftp://static-mum-59.181.152.27.mtnl.net.in/7.%20ELECTRIC/E-40.pdf> [Viitattu 21.05.2015]

Japan Hamworthy & Co., LTD Super VecTwin System. Saatavissa:

http://www.japanham.co.jp/en/service/system/super_vectwin/super_vectwin_01.htm [viitattu 20.05.2014]

Japan Hamworthy & Co., LTD Thordon rudder bearings. Saatavissa:

http://www.japanham.co.jp/en/service/other/thordon/thordon_01.htm [viitattu 20.05.2014]

Jastram Model B Steering Gear, 2015. Saatavissa: http://www.jastram.com/assets/b-model_steering_actuator.pdf [Viitattu 27.03.2015]

MacGregor Porsgrunn Steering Gear 2015. Saatavissa: <http://www.cargotec.com/en-global/macgregor/solutions/mooring-and-loading-sys->

[tems/Porsgrunn%20steering%20gear/Documents/0121_PUSN_br_Porsgrunn_Tech_org_lav.pdf](#) [Viitattu 20.03.2015]

Marine Investigation report M01L0129 Steering gear failure and subsequent grounding the bulk carrier Cedar near Deschaillons-sur-saint-laurent, 2001 Saatavissa:

<http://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/marine/2001/m01l0129/m01l0129.pdf> [Viitattu 27.03.2015]

Onnettomuustutkintakeskus, C4 2009M M/S SILJA EUROPA (fin), oikeanpuoleisen peräsinakselin katkeaminen Ahvenanmaan saaristossa 22.11.2009. Saatavissa:

<http://turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/vesiliikenneonnettomuuskientutkin-ta/tutkintaselostuksetvuosittain/vesiliikenne2009/c42009mmssiljaeuropafinoikeanpuoleisenperasinakselin katkeaminen ahvenanmaansaaristossa 22.11.2009.html> [Viitattu 19.05.2015]

Raytheon-Anschütz Nautosteer AS Advanced Steering Gear Control System, 2015.

Saatavissa: <http://www.raytheon-anschuetz.com/fileadmin/content/Downloads/Brochures/nautosteer-advanced-steering-control-system.pdf> [Viitattu 13.5.2015]

Rolls Royce Promas Lite, 2011. Saatavissa: <http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/promas-lite-brochure.pdf> [Viitattu 26.05.2015]

Rolls-Royce Rotary vane steering gear for smaller vessels, 2015. Saatavissa:

<http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/steering-rudders-cruise.pdf> [Viitattu 25.03.2015]

Rolls-Royce Steering Gear 2015 Saatavissa: <http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/steering-gear.pdf> [Viitattu 25.03.2015]

SKF, Oil injection systems, mounting and dismantling, 2015. Saatavissa:

<http://www.skf.com/group/products/coupling-systems/oil-injection-systems/hydraulic-rings-and-propeller-nuts/mounting-and-dismounting/index.html> [Viitattu 20.03.2015]

Wankhede, Anish 2014. 8 Common Problems Found In Steering Gears Of Ships.
Saatavissa: <http://www.marineinsight.com/marine/marine-news/headline/common-problems-steering-gear-system-of-ships/> [Viitattu 29.03.2015]

Wärtsilä Rudders, 2010. Saatavissa: <http://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/gears-propulsors/rudders/brochure-o-p-rudders.pdf?sfvrsn=2>
[Viitattu 26.05.2015]

9.4 Haastattelut

Konepäälikkö Eino Kajavan haastattelu 4.12.2014

Konetarkastaja Reino Verosaaren haastattelu 22.04.2015